

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID  
FACULTAD DE MEDICINA**

**BYPASS EXTRA-INTRACRANEAL EN EL TRATAMIENTO DE LOS  
ANEURISMAS CEREBRALES COMPLEJOS**

***FRANCISCO GONZÁLEZ-LLANOS FERNÁNDEZ DE MESA***

***MADRID, 2015***



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**  
**FACULTAD DE MEDICINA**

**BYPASS EXTRA-INTRACRANEAL EN EL TRATAMIENTO DE LOS**  
**ANEURISMAS CEREBRALES COMPLEJOS**

*Tesis que presenta*  
**FRANCISCO GONZÁLEZ-LLANOS FERNÁNDEZ DE MESA**  
*Para optar al Grado de Doctor en Medicina*

Director: José María Roda Frade.  
*Doctor en Medicina. Jefe Servicio de Neurocirugía Hospital La Paz.*  
*Madrid.*

**José María Roda Frade**, Jefe de Servicio de Neurocirugía del Hospital  
Universitario La Paz,

**CERFITICA:**

Que **Don Francisco González- Llanos Fernández de Mesa** ha realizado bajo mi dirección el trabajo titulado “ Bypass Extra-intracraneal en el Tratamiento de los Aneurismas Cerebrales Complejos” que presenta como Tesis Doctoral. En mi opinión y salvo mejor criterio del Tribunal que ha de juzgarla, el trabajo reúne las condiciones científicas exigidas para poder optar al grado de Doctor en Medicina y Cirugía.

Y para que así conste a los efectos oportunos, firmo el presente documento en Madrid, a 4 de Abril de 2015.

José María Roda Frade.



***A MIS PADRES ANA Y SANTIAGO, por su vida de sacrificios por y para sus hijos.***

***A MI MUJER M<sup>a</sup> ANGELES Y A MIS HIJOS YAGO Y JAIME, fuentes inagotables de amor y apoyo. Pilares sobre los que asienta mi vida.***

***A BOLITA, por enseñarme a muy temprana edad que la base del cuidado de un enfermo debe ser el amor...y nuestras galletas, batallas etc.***

## AGRADECIMIENTOS

Creo que la mejor forma de agradecer es recorrer el camino hacia atrás hasta llegar al principio.

En el mes de mayo de 1996 me incorporo al Servicio de Neurocirugía del Hospital La Paz de Madrid tras completar mi Servicio Militar. Nada más llegar al Servicio me encontré con el **Dr. José María Pascual** que muy amablemente me recomendó que hablase con el **Dr. José María Roda** para trabajar en el Laboratorio de Cirugía Experimental. Tras hacerlo, El Dr. Roda me llevó al Laboratorio y me enseñó unos ejercicios básicos de microsutura.

En esa primera mañana, supe que aquello era lo que quería hacer. Gracias.

Los siguientes años fueron una locura con muchos cientos de cirugías en el laboratorio adquiriendo la técnica necesaria. Pero quedaba pendiente aplicarlo en casos clínicos. En Octubre de 1999 me trasladé a Phoenix (Arizona) para ver trabajar al **Dr. Spetzler**. Allí pude ver las primeras cirugías en pacientes reales. A principios de diciembre volvía a Madrid y el 21 de diciembre 1999 realizamos el primer bypass con el **Dr. Roda**. Todo fue bien. Dios ayuda a los que empiezan. Gracias.

En los siguientes años realizamos muchos casos. En mayo del 2001 tuve que dejar el Hospital La Paz al terminar la residencia. Seguimos haciendo casos que se remitían al Hospital La Paz durante esos años, desplazándome desde Toledo, mi nuevo destino. El **Dr. Roda** me llamaba. Gracias.

En junio 2005 asisto como alumno a un curso en Saint Louis University que organiza el Profesor **Saleem Abdulrauf**. Discutiendo algunos casos, me dice que me quiere como profesor en el siguiente curso que organizan en unos meses. Le pregunto si está bromeando y me dice que no. Gracias.

Desde enero 2006 hasta el día de hoy participo como profesor en los **Cursos de Bypass de Saint Louis University** (Saint Louis-Missouri) y he tenido la oportunidad de conocer a los grandes maestros que allí acuden a impartir clases: Dr. Yasargil, Morcos, Lawton, Sampson, Langer, Tulleken, Fukhusima, Sehkar, Jakovski y tantos otros. El estar con ellos ha creado en mí una responsabilidad de estar a su altura. Gracias.

En junio de 2006 me traslado a Utrech con el **Profesor Tulleken** para aprender la técnica ELANA. Fue una gran experiencia personal y profesional. Gracias.

En noviembre 2006 me traslado a Helsinki (Finlandia) para una reunión de bypass que organiza el Dr. Hernesniemi. Gracias.

En diciembre 2006 organizamos nuestro primer Curso de Bypass Extra intracraneal en el Laboratorio de Cirugía Experimental del Hospital La Paz. El Curso se ha venido realizando con éxito desde entonces. Es nuestro pequeño jardín que regamos y cuidamos. Y aquí no tengo más remedio que detenerme a hablar del personal de Cirugía Experimental de La Paz. Son los mejores. A **Pablo** (el “number one”), **Juan, Raúl, Pedro, Toñi, Isabel**. Os quiero y creo que seguiremos trabajando juntos muchos años. Gracias.

En el 2008 me invita **Peter Vajkoczy** al Hospital La Charite de Berlin para una Conferencia de bypass. En el 2009 **David Langer** me invita a un Congreso de bypass en el Hospital Teodor Roosevelt de New York. En 2010 vuelvo a ir a Utrech con el profesor **Tulleken** para perfeccionar el ELANA. Gracias.

Quiero agradecer la confianza depositada en nosotros a todos aquellos neurocirujanos, neurólogos y neurorradiólogos que han confiado en nosotros para resolver sus casos de aneurismas complejos. Siempre hemos tratado de estar a la altura y no nos ha importado desplazarnos a donde fuera para resolverlos. Gracias.

Para terminar, agradecer a nuestro amigo Antonio Gómez su ayuda en la realización del trabajo, su generosidad y su bondad. Nos dejó en el 2013 y hasta el final me insistía en que quería vivir para ver esta tesis realizada...iva por ti, Antonio!

# ÍNDICE

## **INDICE GENERAL**

### **RESUMEN**

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.	HISTORIA.....	2
2.	PREPARACIÓN.....	5
3.	INDICACIONES.....	6
<b>II.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>III.</b>	<b>MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>14</b>
1.	DESCRIPCIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ANEURISMAS.....	15
1.1	Aneurismas Gigantes Saculares.....	15
1.1.1.	Aneurisma Gigante De Bifurcación Carotidea.....	16
1.1.2.	Aneurisma Gigante De La Arteria Cerebral Media Izquierda.....	21
1.2	Aneurismas de seno cavernoso.....	26
1.2.1.	Aneurisma de seno cavernoso.....	26
1.2.2.	Aneurisma De Seno Cavernoso. Elana.....	31

1.3	Aneurismas Fusiformes. Nueva Clasificación.....	34
1.3.1	Aneurisma Fusiforme Tipo I. Bypass y endovascular.....	37
1.3.2	Aneurisma Fusiforme Tipo I. Bypass y clipaje.....	40
1.3.3	Aneurisma Tipo II. Bypass Y Clipaje Proximal.....	44
1.3.4	Aneurisma Tipo II. Bypass Y Clipaje Distal.....	47
1.4	Aneurismas Previamente Tratados.....	50
1.4.1	Aneurisma Previamente Embolizado.....	51
2.	ASPECTOS TÉCNICOS DE LA CIRUGÍA DE BYPASS.....	53
2.1	Preparación Preoperatoria.....	53
2.2	Cirugia De Bypass Extra-Intracraneal.....	53
2.2.1.	Monitorización Intraoperatoria.....	53
2.2.2.	Valoración Intraoperatoria de la Permeabilidad.....	55
2.2.3.	Valoración Intraoperatoria del flujo.....	55
2.2.4	Selección Del Injerto.....	56
2.2.4.1.	Arteria Radial.....	56
2.2.4.2.	Vena Safena.....	59
2.2.4.3.	Colaboración Con Cirugía vascular.....	59

2.2.5. Técnica Del Bypass Paso A Paso.....	60
2.2.5.1 Bypass Sta-Mca.....	60
2.2.5.2 Bypass De Alto Flujo.....	65
2.2.5.2.1. Craneotomía Y Preparación del injerto.....	65
2.2.5.2.2. Disección Cervical Y preparación de vaso donante.....	67
2.2.5.2.3. Disección Intradural.....	67
2.2.5.2.4. Creación Del Tunel subcutáneo.....	68
2.2.5.2.5. Extracción Del Injerto.....	69
2.2.5.2.5.1. Arteria Radial.....	69
2.2.5.2.5.2. Vena Safena.....	70
2.2.5.2.6. Anastomosis Del Injerto Y tunelización.....	72
2.2.5.2.6.1. Anastomosis Distal.....	72
2.2.5.2.6.2. Anastomosis Proximal.....	75
3. BYPASS NO FUNCIONANTE. PROTOCOLO DE ACTUACION.....	80
4. TEST DE OCLUSIÓN CON BALÓN (BTO).....	87
5. PLANIFICACIÓN DEL BYPASS.....	88
6. FLUJO EN EL BYPASS. ALTO Y BAJO FLUJO.....	91

<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>93</b>
1.	INDICACIONES DE REVASCULARIZACIÓN EN LA CIRUGÍA DE LOS ANEURISMAS CEREBRALES.....	95
2.	¿QUÉ PACIENTES NECESITAN REVASCULARIZACIÓN CON BYPASS?.....	97
3.	PREPARACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA PARA PROCEDIMIENTOS DE ..... REVASCULARIZACIÓN	100
4.	ANESTESIA Y NEUROMONITORIZACIÓN.....	101
5.	MODALIDADES DE BYPASS.....	102
5.1.	Bypass De Sta A Mca.....	102
5.2.	Bypass De Alto Flujo Con Injerto De Radial.....	103
5.3.	Bypass De Alto Flujo Con Injerto De Vena Safena.....	105
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>108</b>



## **RESUMEN**

Presentamos los resultados de nuestra experiencia, pionera en España, en uso del bypass extra-intracraneal en el tratamiento de los aneurismas complejos que no pueden ser tratados mediante clipaje quirúrgico o embolización.

Describimos nuestra clasificación funcional de los aneurismas en los que es útil el bypass extra-intracraneal y establecemos en cada tipo de aneurisma un protocolo individualizado de tratamiento.

Proponemos una nueva clasificación de los aneurismas fusiformes. Los dividimos en dos grupos en función de la presencia o no de vasos perforantes en su interior. Definimos el tratamiento más adecuado en cada uno de los grupos.

Sistematizamos el procedimiento quirúrgico y reducimos la operación a siete pasos. Explicamos en detalle el porqué de cada detalle de la cirugía para optimizar los resultados y reducir las complicaciones.

Introducimos un nuevo protocolo de actuación en el manejo intraoperatorio de las oclusiones del bypass.

Se propone un esquema para la planificación del bypass, basándonos en los estudios de arteriografía preoperatorios sin necesidad de mediciones de flujo. Esto nos permitirá una elección segura de los vasos donante, receptor y de los injertos.

Finalmente, desde la introducción en los últimos años de instrumentos para mediciones directas del flujo, estudiamos el flujo a través del bypass Definiendo los conceptos de bypass de bajo y de alto flujo.

# INTRODUCCIÓN

El objetivo principal cuando nos enfrentamos al tratamiento de aneurismas intracraneales es excluir el aneurisma, mediante clipaje o embolización, conservando la vascularización normal. Los adelantos de las técnicas microquirúrgicas en las últimas décadas han permitido tratar con clipaje directo un mayor número de aneurismas. Asimismo, los adelantos en el campo de la Neurorradiología han permitido ampliar el número de los aneurismas que pueden ser embolizados. Pero desgraciadamente, incluso en la actualidad, aún no nos es posible tratar todos los aneurismas mediante abordaje directo y reconstrucción, bien con clipaje o embolización. Existen determinados aneurismas en los que bien por su gran tamaño (aneurismas gigantes), su forma (aneurismas fusiformes) o su localización inaccesible (aneurismas de seno cavernoso), resulta imposible realizar su exclusión completa sin realizar un sacrificio del vaso que da origen a los mismos. En éstos casi siempre es recomendable, y algunas veces imprescindible, el realizar un procedimiento de revascularización previo. En la mayoría de los centros no se realizan estos procedimientos de forma habitual, por lo que la mayoría de estos aneurismas se consideran inoperables y son dejados a su evolución natural. Esta suele ser desfavorable, y por ello creemos que es necesario su tratamiento.

El tratamiento de estos aneurismas supone un reto y es necesario para llevarlo a cabo un equipo altamente especializado de neurorradiólogos y neurocirujanos. En este trabajo pretendemos exponer nuestra experiencia en el uso de la revascularización en el tratamiento de los aneurismas cerebrales complejos. Para ello describimos, ilustrando paso a paso, la planificación y el tratamiento de cada uno de los casos.

## **1.HISTORIA.**

En el siglo XVIII el cirujano escocés John Hunter introdujo la oclusión vascular como forma de tratamiento de algunas patologías vasculares <sup>10</sup>.

En 1902 Alexis Carrel, considerado el padre de la cirugía vascular, introduce la anastomosis vascular con suturas <sup>10, 33</sup>.

Los primeros intentos de revascularización cerebral en la primera mitad del siglo XX consistieron en procedimientos indirectos colocando el musculo temporal sobre el cerebro. En estos primeros intentos de encefaloduromiosinangiosis (EDMS) German y Taffel usaron colgajos de músculo vascularizado que se aplicaban directamente sobre el cerebro de perros y primates<sup>27</sup>. Poco tiempo después, Kredel intentó este procedimiento en humano pero desistió pronto debido a la alta incidencia de convulsiones postoperatorias <sup>38</sup>.

En 1949, Beck describe una técnica para revascularizar el cerebro creando una fistula carotido-yugular en pacientes pediátricos, pero el procedimiento no resultó eficaz<sup>6</sup>.

En estos años, Miller-Fisher introdujo la idea de que muchos infartos cerebrales se debían a enfermedad arteriosclerótica en las arterias carótidas cervicales. Sugiere, por primera vez la posibilidad de revascularización distal con bypass extra-intracraneal para prevenir los accidentes isquémicos<sup>25</sup>.

Siguiendo sus ideas, varios grupos describen los primeros procedimientos de reconstrucción carotídeos en torno a 1950<sup>23</sup>.

Alrededor de 1960, se desarrolla un gran interés por la introducción del microscopio quirúrgico en neurocirugía. En estos años, Jacobson y Suarez describen sus trabajos pioneros en la anastomosis de pequeños vasos usando el microscopio quirúrgico<sup>39</sup>. Los primeros trabajos sobre revascularización cerebral comienzan a aparecer en estos años<sup>20</sup>.

En 1963, Worriger y Kunlin comunican el primer bypass con injerto de safena desde la arteria carótida común cervical a la arteria carótida interna intracraneal pero el paciente no sobrevivió <sup>82</sup>.

Ese mismo año, Chou describe la primera embolectomía quirúrgica de la arteria cerebral media. El procedimiento fue un éxito<sup>12</sup>.

En 1965, Pool y Potts comunican un intento ingenioso de revascularizar la arteria cerebral anterior distal con un tubo de plástico desde la arteria temporal superficial en un caso de aneurisma de arteria cerebral anterior. Aunque el bypass no funcionó, el paciente fue bien<sup>52</sup>.

En 1967 se produce el gran paso adelante. Yasargil había estado preparándose en el laboratorio de Donaghy en los años anteriores. En este año realiza con éxito el

primer bypass de arteria temporal superficial a arteria cerebral media en un caso de oclusión carotídea <sup>83, 84</sup>.

Poco después se comunican los primeros bypasses realizados con éxito para casos de moya moya en niños <sup>83, 84</sup>.

A partir de 1970 se produce un desarrollo exponencial en la técnica del bypass extra-intracraneal. Varios cirujanos adquieren en estos años gran experiencia en la cirugía de bypass y se publican varios trabajos con altas tasas de permeabilidad y pocas complicaciones <sup>11, 29, 56, 69</sup>.

Spetzler publica el bypass de arteria occipital a arteria cerebral media <sup>67</sup>,

Ausman el bypass de occipital a arterias cerebelosas y éste último introduce la arteria radial como una opción de injerto <sup>4, 5</sup>.

Tew y Story comunican su experiencia en el uso de injerto de vena safena para sustituir la arteria carótida interna <sup>33, 76</sup>.

En estos años se refinan las técnicas de revascularización de la circulación posterior con Sundt definiendo nuevos procedimientos que incluyen injertos de safena a la arteria cerebral posterior y Ausmann introduciendo las técnicas de bypass de arteria occipital a arteria cerebelosa posteroinferior y a la arteria cerebelosa anteroinferior así como el bypass de arteria temporal superficial a arteria cerebral posterior <sup>4, 5, 73</sup>.

En 1985, el Estudio Internacional Cooperativo del bypass extra-intracraneal no demuestra ningún beneficio del bypass en la prevención del accidente isquémico cerebral. El estudio, muy criticado por su deficiente diseño y su mala puesta en práctica, encontró que algunos subgrupos tenían peores resultados con el bypass que con el tratamiento médico <sup>77</sup>.

Tras estos resultados tan frustrantes, el bypass extra-intracraneal fue prácticamente abandonado en el tratamiento de los casos isquémicos excepto en algunos centros que seguían realizándolos en casos resistentes a cualquier tratamiento médico <sup>3, 33, 46</sup>.

A partir de 1990 renace el interés por el bypass en la isquemia al aparecer trabajos definiendo mejor el concepto de reserva vascular <sup>30</sup>.

Es en estos años, los grandes centros neuroquirúrgicos comienzan a usar el bypass extra-intracraneal en el tratamiento de los aneurismas complejos y en

tumores de base de cráneo 49, 59-67.

En España, varios centros habían estado realizando procedimientos de revascularización en casos de isquemia pero, tras el Estudio Cooperativo de 1985, la técnica fue casi completamente abandonada.

Esta era la situación global en 1999 cuando empezamos a practicar la técnica de bypass en el tratamiento de los aneurismas cerebrales complejos.

## **2. PREPARACIÓN.**

La cirugía de bypass extra-intracraneal tiene dos características que la distinguen de las otras técnicas de microcirugía vascular.

1. Durante la cirugía de bypass cerebral se produce un clipaje transitorio de un territorio cerebral por lo que se produce una isquemia transitoria del mismo.
2. Se produce una competencia de flujos entre el bypass y la circulación distal hasta que se realiza la oclusión de esta última.

Estas dos características hacen que las exigencias técnicas sean mayores en cuanto a precisión y rapidez en la realización.

La preparación la podemos dividir en tres campos:

- 1 – Adquisición de técnica microquirúrgica. El entrenamiento debe realizarse en laboratorio. Todo debe probarse antes en el mismo. Creemos que la rata nos proporciona un modelo ideal para el entrenamiento en vasos de 1mm y de paredes delgadas lo que los hace similares a los vasos intracraneales, caracterizados por poseer finas paredes a expensas de una capa media poco desarrollada.
- 2 – Adquisición de amplios conocimientos microanatómicos. Es muy importante el dominio microanatómico y la aplicación de estos conocimientos a la cirugía de bypass. Es suficiente con disponer de cerebros fijados en formol para el estudio de la vasculatura y para el entrenamiento en los mismos de cada una de las técnicas de bypass.

3 – Experiencia general en microneurocirugía. Aunque dominando los dos primeros puntos ya se puede acometer la cirugía de bypass, es recomendable que, desde el primer momento, el equipo tenga algún miembro con experiencia en microneurocirugía general. Esto permite comenzar con más seguridad.

La experiencia va haciendo que las cosas evolucionen, las indicaciones cambien y los resultados mejoren. En primer lugar, hay aneurismas que hace años pensábamos que eran subsidiarios de bypass, ahora los tratamos con clipaje directo. En segundo lugar, hay modalidades de bypass que hace unos años no realizábamos por su complejidad técnica y ahora los hacemos con facilidad.

A lo largo de estos años han surgido muchos avances en el tratamiento endovascular que nos han cambiado la forma de proceder y nos han acotado o ampliado el campo en diferentes tipos de aneurisma.

A pesar de los oscuros augurios que aventuraban un futuro negro para la microneurocirugía vascular y que ésta sería suplantada por el tratamiento endovascular, hemos demostrado que el bypass sigue vigente como la primera opción en muchos casos de aneurismas complejos.

### **3. INDICACIONES.**

El bypass extra intracraneal está indicado en aneurismas cerebrales que no pueden ser tratados mediante técnica quirúrgica directa con clipaje o reconstrucción y tampoco con tratamiento endovascular. Necesitan del sacrificio de uno o más vasos intracraneales para su tratamiento.

Existen tres grupos de aneurismas que se benefician de este tratamiento:

- 1-Los **aneurismas saculares** son dilataciones con forma de saco de la pared de un vaso cerebral, en los cuales se puede distinguir un cuello y una

cúpula. La relación entre estas dos partes determina la posibilidad del clipaje directo. Los aneurismas saculares se dividen, en función de su tamaño, en pequeños (menores de 10 mm), grandes (entre 10 y 25 mm) y gigantes (mayores de 25 mm)<sup>52</sup>. En la mayoría de las ocasiones los aneurismas pequeños y grandes pueden ser tratados con clipaje directo o embolización. No obstante, hemos usado el by-pass en algunos aneurismas grandes en los que no se podía realizar clipaje ni embolización de una forma segura. En los aneurismas gigantes es poco frecuente la posibilidad de clipaje directo y, en estos casos, se hace necesario un by-pass combinado con el clipaje del aneurisma o la embolización del mismo.

2- **Aneurismas Cavernosos.** Estos aneurismas se originan en el segmento cavernoso de la arteria carótida interna. Están situados por fuera de los espacios subaracnoideos por lo que su clínica es distinta. No suelen producir hemorragia subaracnoidea. Su clínica consiste en un síndrome del seno cavernoso con proptosis, dolor orbitario, afectación de pares craneales que pasan por el seno cavernoso (III, IV, VI y primera rama del V) y, en algunos casos disminución de la agudeza visual. Los aneurismas grandes pueden producir isquemia por embolización distal.

Los aneurismas asintomáticos los consideramos como una enfermedad benigna y no requieren tratamiento. En los sintomáticos es en los que es necesario el tratamiento.

Rara vez se realiza un abordaje directo a estos aneurismas y el clipaje ha caído en desuso debido al alto riesgo de daño de los pares craneales del seno cavernoso.

En estos casos es necesario realizar un test de oclusión con balón (BTO). Si el paciente lo tolera se puede plantear una oclusión carotídea como tratamiento. En los pacientes que no lo toleran es necesario realizar un bypass.

En los últimos años se han desarrollado nuevos STENTs que permiten el tratamiento de estos aneurismas sin necesidad de bypass.



- 3- **Aneurismas Fusiformes.** Son dilataciones de un segmento de una arteria cerebral. En estos casos no vemos un cuello que lo separa de la arteria normal. Se trata de un segmento arterial con un cuello de entrada o proximal y un cuello de salida o distal. El crecimiento de estos aneurismas es muy dependiente del flujo de entrada que ejerce presión sobre un punto de la pared que llamamos zona de influjo(INFLOW ZONE)<sup>60</sup>. El crecimiento de estos aneurismas se produce a partir de este punto.

# **OBJETIVOS**

El objetivo general de este trabajo es presentar nuestra experiencia en el tratamiento de aneurismas cerebrales complejos mediante bypass extra intracraneal. Los objetivos concretos han sido:

- 1- Clasificación funcional de los diferentes tipos de aneurismas para la cirugía de bypass.
- 2- Realizar una nueva clasificación de los aneurismas fusiformes. Los dividimos en dos grupos en función de la presencia o no de vasos perforantes en su interior. Definimos el tratamiento más adecuado en cada uno de los grupos.
- 3- Sistematizar el procedimiento quirúrgico y reducir, en lo posible, los pasos quirúrgicos.
- 4- Crear un protocolo para el tratamiento del bypass no funcionando durante la cirugía.
- 5- Crear un protocolo para la planificación del bypass más seguro.

# **MATERIAL Y MÉTODOS**

Desde el 21 de diciembre de 1999 hasta diciembre 2011, 52 pacientes fueron sometidos a procedimientos de revascularización con bypass extra-intracraneal para el tratamiento de aneurismas cerebrales complejos.

Las cirugías han tenido lugar principalmente en el Hospital La Paz de Madrid siempre que ha sido posible el traslado de los pacientes a este hospital, pero en los últimos años esto ha resultado más difícil, en consecuencia nosotros nos hemos desplazado a otros centros para su realización: Hospital Moncloa de Madrid, Hospital Sur de Alcorcón, Hospital Gregorio Marañón de Madrid, Hospital Ramón y Cajal de Madrid, Hospital Virgen de la Salud de Toledo, Hospital Virgen de las Nieves de Granada, Hospital del Mar de Barcelona, Hospital Clínico de Barcelona y Hospital Clínico de Santiago de Compostela.

Todos los pacientes han sido estudiados con TAC y RM preoperatorias y con arteriografía. En todos los casos se había valorado la posibilidad de tratamiento convencional con cirugía o embolización, pero se había desestimado. En 11 casos se había realizado un intento previo de embolización pero, o bien no se había conseguido una oclusión completa, o bien los aneurismas se habían recanalizado.

En 47 de estos paciente se realizó una revascularización permanente, siendo necesaria la oclusión definitiva de una arteria intracraneal para el tratamiento del aneurisma. En los otros 5 pacientes se realizó un bypass profiláctico para proteger el cerebro durante la oclusión temporal necesaria para la remodelación o clipaje del aneurisma.

De los pacientes tratados, 30 fueron mujeres y 22 fueron hombres.

La edad de los pacientes osciló entre los 22 y los 73 años.

Los seguimientos de los pacientes oscilan entre 18 meses y 6 años y se han realizado controles postoperatorios con angioTAC y angioRM. En algunos pacientes seleccionados se han realizado arteriografías de control.

En 26 pacientes la presentación clínica se relacionaba con el efecto masa del aneurisma y los síntomas más frecuentes en este grupo fueron cefalea y crisis epilépticas. Diez pacientes debutaron con manifestaciones isquémicas debido a émbolos procedentes de la pared del aneurisma. Esto se ha dado en aneurismas de seno cavernoso y de cerebral media y en todos ellos existía un enlentecimiento del flujo en los vasos distales al aneurisma. Once pacientes habían tenido algún

sangrado previo, aunque ninguno fue tratado en fase aguda. Siempre se ha tratado de diferir la cirugía con respecto al evento hemorrágico. Finalmente, 5 pacientes no presentaban clínica relacionada con el aneurisma y el diagnóstico fue realizado por una prueba de imagen pedida con otro fin.

Los pacientes fueron seleccionados para realizar el bypass extra intracraneal siguiendo varios criterios:

- 1- Imposibilidad de realizar un tratamiento endovascular seguro con coils o con oclusión proximal del vaso.
- 2- Aneurismas de arteria carótida interna, en los que no hubiera una circulación colateral distal al aneurisma adecuada.
- 3- Fallo del test de oclusión con balón (BTO) a pesar de mostrar circulación colateral en la arteriografía.
- 4- Clipajes complejos o reconstrucción de vasos y en los que se preveen tiempos de isquemia largos durante el procedimiento.

Hemos utilizado el bypass extra-intracraneal en los siguientes tipos de aneurismas:

- 1- Aneurismas saculares gigantes en 16 casos.
- 2- Aneurismas de seno cavernoso en 10 casos.
- 3- Aneurismas fusiformes en 15 casos.
- 4- Aneurismas previamente embolizados en 11 casos.

Las modalidades de bypass utilizadas han sido las siguientes:

1. Bypass de arteria temporal superficial-arteria cerebral media en 14 casos.
2. Bypass de arteria carótida externa a arteria cerebral media con injerto de arteria radial en 28 casos.
3. Bypass de arteria carótida externa o común a arteria cerebral media con injerto de vena safena en 10 casos.

No se incluyen en este trabajo los casos en los que se ha realizado reconstrucción de los vasos intracerebrales mediante sutura directa o reimplantación, puesto que si bien comparten la técnica microquirúrgica, son una entidad totalmente distinta en cuanto a su planificación técnica y ejecución.

# **RESULTADOS**

La permeabilidad a largo plazo fue de un 90,39%. En cinco pacientes se produjo una oclusión del by-pass retardada. En tres casos se trataba de injerto de arteria radial (3/28) lo que nos da un 90% de permeabilidad en este grupo. En dos casos se trataba de injertos con vena safena (2/10) lo que nos da un 80% de permeabilidad en injertos de safena. No ha habido ninguna oclusión en casos de arteria temporal superficial, siendo en este grupo la permeabilidad del 100%.

En tres pacientes se produjo oclusión intraoperatoria que pudo ser resuelta mediante revisión del bypass.

Sólo ha existido morbilidad mayor en un caso, en el que se usó una arteria radial. Se produjo una oclusión aguda durante la cirugía y al pasar un balón de Fogarty se produjo un desgarró de la arteria cerebral media. Se realizó una reconstrucción de la misma pero la paciente presentó un infarto de ACM en el postoperatorio.

## **1.DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS CLÍNICOS.**

### **1.1 ANEURISMAS GIGANTES SACULARES.**

Los aneurismas saculares son dilataciones con forma de saco de la pared de un vaso cerebral, en los cuales se puede distinguir un cuello y una cúpula (52). La relación entre estas dos partes determina la posibilidad del clipaje directo. Los aneurismas saculares se dividen, en función de su tamaño, en pequeños (menores de 10 mm), grandes (entre 10 y 25 mm) y gigantes (mayores de 25 mm). En la mayoría de las ocasiones los aneurismas pequeños y grandes pueden ser tratados con clipaje directo o embolización. No obstante, hemos usado el by-pass en algunos aneurismas grandes en los que no se podía realizar clipaje ni embolización de una forma segura. En los aneurismas gigantes es poco frecuente la posibilidad de clipaje directo y, en estos casos, se hace necesario un by-pass combinado con el



clipaje del aneurisma o la embolización del mismo.

### **1.1.1 ANEURISMA GIGANTE DE BIFURCACIÓN CAROTÍDEA DERECHA.**

Varón de 38 años con historia de cefaleas. La exploración neurológica era normal. En resonancia magnética (RM) se observaba un aneurisma gigante en carótida derecha (Fig. 1a). La arteriografía cerebral mostró un aneurisma gigante de la bifurcación carotídea derecha. Se trataba de un aneurisma de cuello ancho que incluía las porciones iniciales de los segmentos A1 y M1 de las arterias cerebral anterior(ACA) y cerebral media(ACM) derechas. Las arterias lentículoestriadas, si bien no nacían del saco aneurismático, sí estaban íntimamente adheridas al mismo en su porción inicial (Fig.1.b). La compresión cruzada demostró relleno completo del segmento A1 derecho a través de la arteria carótida izquierda, tras la compresión de la carótida derecha (Fig.2). Dadas las características del aneurisma, era probable que hubiera que ocluir la bifurcación carotídea derecha para conseguir excluir el aneurisma de la circulación. El territorio de la arteria cerebral anterior derecha no presentaría ningún problema por la existencia de circulación colateral a través de arteria comunicante anterior (Acoa). Sin embargo, el territorio de la arteria cerebral media (ACM) derecha quedaría sin flujo tras la oclusión, al tratarse de una circulación terminal. Por tanto se debería realizar un procedimiento de revascularización del territorio de la ACM, previo a la embolización, para evitar un infarto.

Lo primero que tuvimos que decidir fue cual debía ser el vaso aferente. La arteria de elección fue la arteria temporal superficial derecha (ATS), ya que la angiografía de carótida externa derecha nos mostró una rama anterior de la arteria temporal superficial con un diámetro de más de 2 milímetros (el mínimo para que fuera útil) (Fig. 2b). Lo siguiente fue la selección del vaso receptor. Buscamos el vaso de más fácil acceso con el diámetro adecuado (mayor de 2 mm.). Se seleccionó la arteria temporal posterior en su porción más inicial a la salida de la fisura de Silvio. Era un punto ideal para realizar la anastomosis por ser muy superficial y tener casi el mismo diámetro que los segmentos M2 y M3 de ACM que son más

incómodos para trabajar, al ser más profundos.

**INTERVENCIÓN QUIRÚRGICA:** Se identificó por palpación la rama anterior de la arteria temporal superficial y se marcó con un rotulador su trayecto. Se realizó una incisión lineal sobre el vaso donante, ya que con los colgajos convencionales la disección del vaso es más difícil y más frecuente la necrosis cutánea. Se inició la incisión distalmente en la ATS, dejando un pedículo de 1cm a cada lado del vaso para ligar las ramas a distancia de la pared. Se cubrió la arteria con lentinis mojadas en suero con heparina y lidocaína. Se abrió el músculo temporal en dos mitades anterior y posterior y se realizó una craneotomía centrada sobre la arteria receptora. Se abrió la duramadre y se localizó y disecó la arteria temporal posterior. A continuación se colocó un clip proximal en el pedículo arterial de la ATS y se cortó en su porción distal. Se colocaron dos clips temporales en la arteria temporal posterior y se hizo una incisión lineal sobre la misma de 1,5 veces el diámetro de la ATS. Se cortó en bisel el extremo de la ATS y se orientó para que el flujo se dirigiera proximalmente. Se realizó la anastomosis con sutura de 9/0 con puntos sueltos (Fig. 3). Durante todo el procedimiento, se irrigaron los vasos con una solución de heparina, lidocaína y suero fisiológico.

**EMBOLIZACIÓN.** A las 24 horas se realizó una angiografía selectiva de carótida externa (Fig. 4) que mostró un buen funcionamiento del by-pass, por lo que se procedió a realizar la embolización del aneurisma, con oclusión de forma completa la porción más proximal del segmento M1. La arteriografía de carótida externa postembolización mostró revascularización completa del territorio de la arteria cerebral media derecha a través del by-pass (Fig. 5).

**EVOLUCIÓN.** El paciente no presentó ningún déficit en el postoperatorio. Fue dado de alta a su domicilio a los siete días de la embolización. Se mantuvo al paciente antiagregado durante seis meses. En el control anual permanecía asintomático y el estudio arteriográfico mostró una gran hipertrofia tanto del vaso donante como de la arteria receptora en respuesta a la demanda de flujo (Fig. 6).

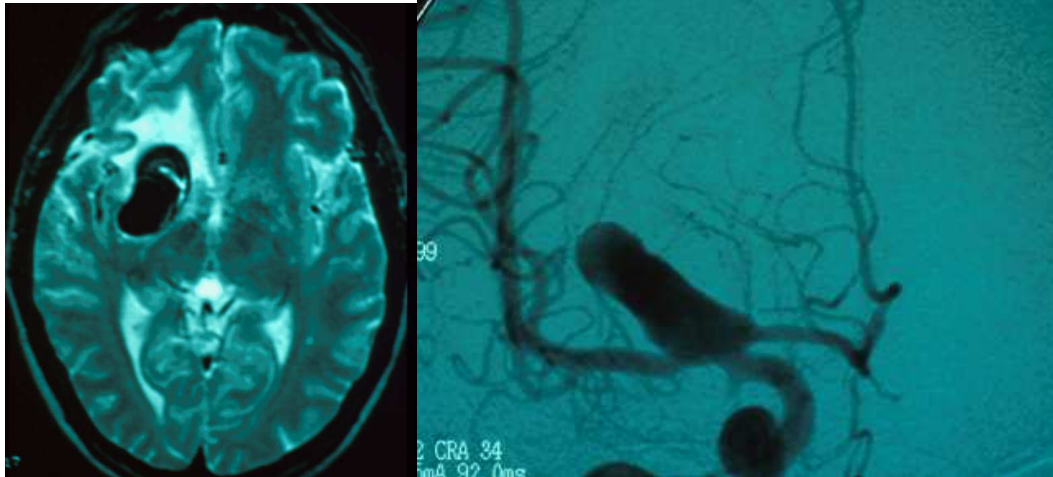


FIGURA 1. En resonancia magnética (RM) se observaba un aneurisma gigante en carótida derecha (Fig. 1a). La arteriografía cerebral mostró un aneurisma gigante de la bifurcación carotídea derecha de cuello ancho que incluía las porciones iniciales de los segmentos A1 y M1 de las arterias cerebral anterior y cerebral media derechas respectivamente. Las arterias lenticuloestriadas, si bien no nacían del saco aneurismático, si estaban íntimamente adheridas al mismo en su porción inicial (Fig.1.b).

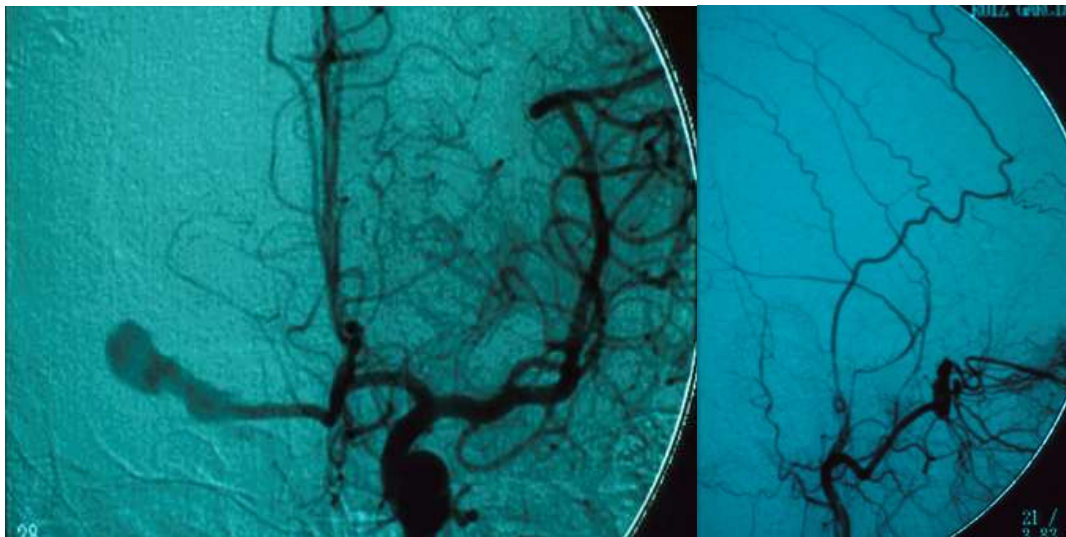


FIGURA 2. La angiografía de carótida externa derecha nos mostró una rama anterior de la arteria temporal superficial con un diámetro de más de 2 milímetros. La compresión cruzada demostró relleno completo del segmento A1 derecho a través de la arteria carótida izquierda, tras la compresión de la carótida derecha.

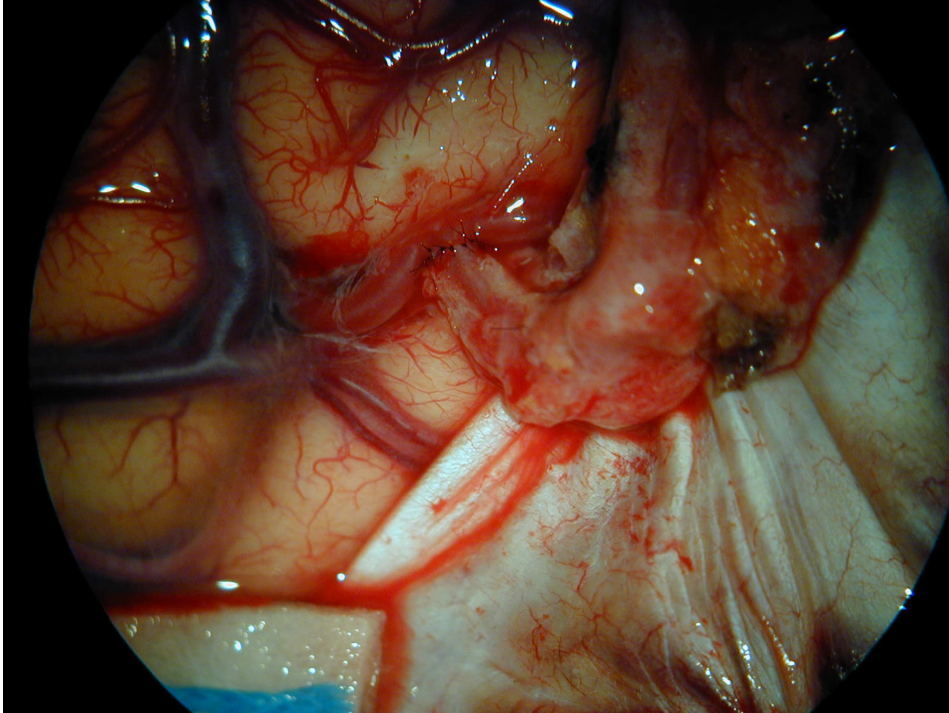


FIGURA 3. Se realizó la anastomosis con sutura de 9/0 con puntos sueltos.

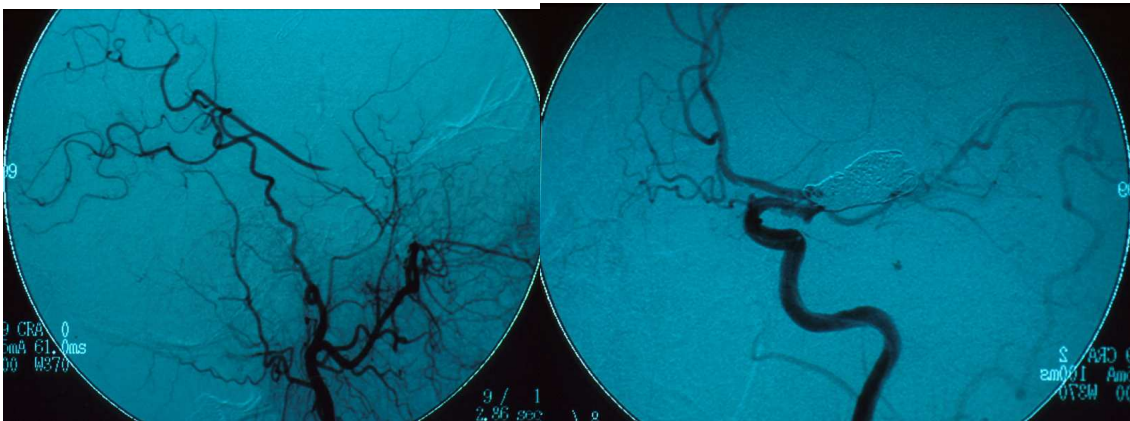


FIGURA4. A Angiografía selectiva de carótida externa (izquierda) que muestra un buen funcionamiento del by-pass. B. Embolización del aneurisma, consiguiéndose ocluir de forma completa la porción más proximal del segmento M1(derecha).



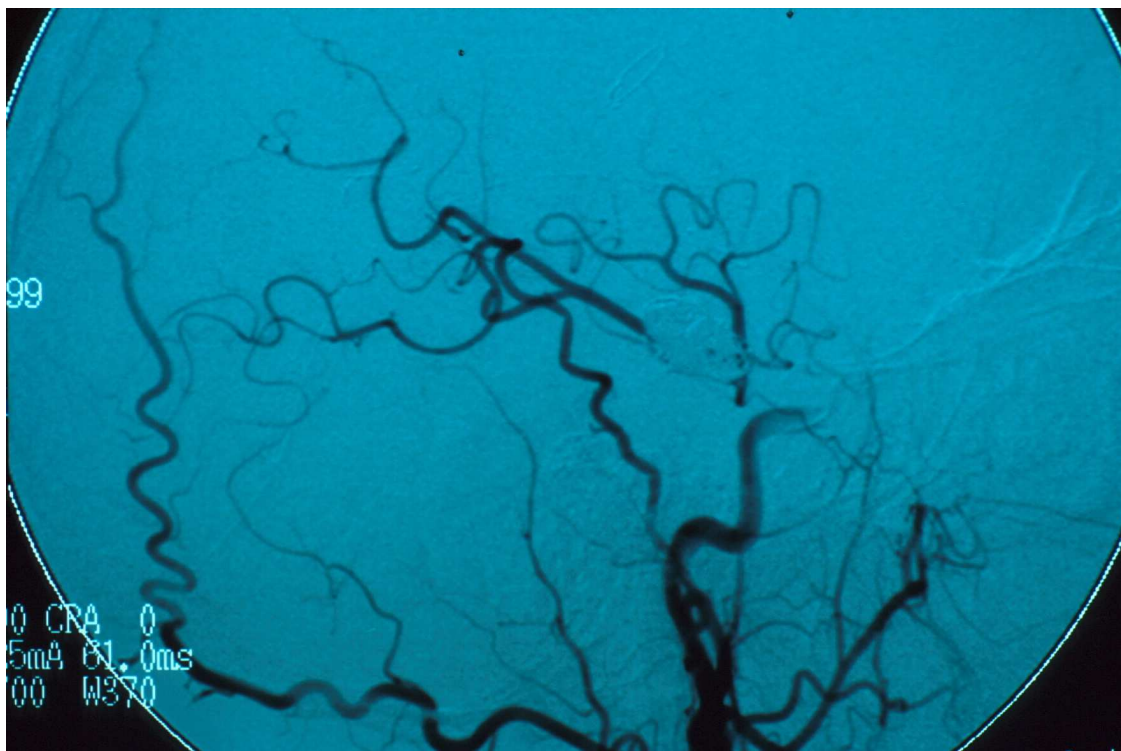


FIGURA 5.Arteriografía de carótida externa postembolización: revascularización completa del territorio de la arteria cerebral media derecha a través del by-pass.

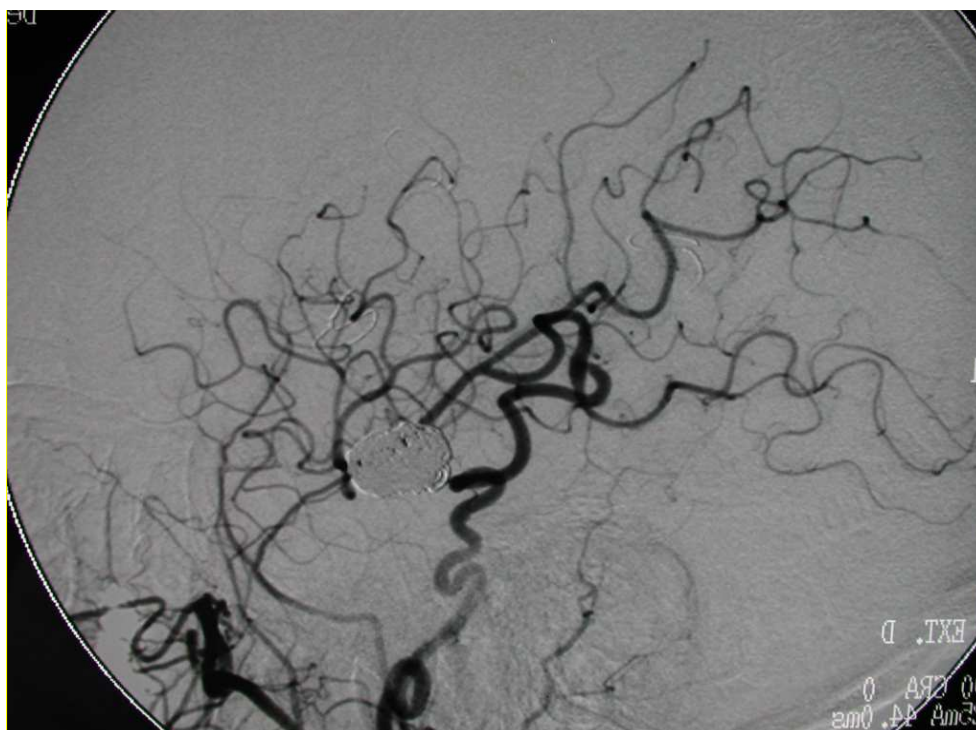


FIGURA 6. Arteriografía carótida común derecha al año: gran hipertrofia tanto del vaso donante como de la arteria receptora en respuesta a la demanda de flujo

### **1.1.2 ANEURISMA GIGANTE DE ARTERIA CEREBRAL MEDIA IZQUIERDA.**

Mujer de 45 años que presentó un episodio de cefalea brusca seguida de afasia que recuperó a las 72 horas. En la TC y RM se observó un hematoma en la fisura de Silvio izquierda (Fig. 7). La arteriografía mostró un aneurisma gigante de la ACM izquierda de cuello ancho que parecía incluir la porción inicial del tronco inferior de M2 (Fig. 8). Para lograr la exclusión del aneurisma iba a ser necesaria la oclusión de este vaso. Por lo tanto, era preciso revascularizar previamente el territorio irrigado por el tronco inferior M2. La angiografía de carótida externa mostró una arteria temporal superficial de pequeño diámetro, menor de 2 mm. Había que realizar, por tanto, un by-pass de alto flujo desde la carótida externa cervical, interponiendo un injerto de arteria radial.

Se eligió como vaso receptor la arteria temporal posterior en su porción inicial a la salida de la fisura de Silvio, ya que se trataba de un vaso muy accesible en superficie, que se originaba del tronco inferior y que tenía un diámetro muy parecido al del tronco inferior en su porción inicial (mayor de 2 mm). Se eligió como vaso para el injerto la arteria radial porque tenía un calibre parecido en su extremo distal al del vaso receptor.

**INTERVENCION QUIRURGICA:** Se realizó la extracción de la arteria radial del antebrazo no dominante. Previamente se hizo un test de Allen<sup>1</sup>, para comprobar la circulación colateral en el arco palmar. Se realizó una incisión curvilínea desde la cara anterior de la muñeca hasta la fosa ante-cubital. Disecamos por debajo de la fascia profunda y se expuso la arteria desde la muñeca hasta el codo. Se hizo una craneotomía centrada sobre el vaso receptor (Fig. 10a). Se expuso la carótida externa en el cuello por encima de la bifurcación carotídea (Fig. 10b). Se extrajo entonces la arteria radial, ligando primero proximal y luego distalmente. Se lavó y distendió la arteria con suero salino y con heparina y lidocaína. Realizamos primero la anastomosis craneal entre el extremo distal de la arteria radial y la arteria temporal posterior, usando sutura de 9/0 en puntos sueltos (Fig. 11a). El

siguiente paso fue la tunelización por detrás del pabellón auricular hasta el cuello usando un tubo de tórax (Fig. 11b). Se hizo entonces la anastomosis cervical entre el extremo proximal de la arteria radial y la carótida externa (Fig. 12). Antes del cierre, se comprobó la permeabilidad del by-pass.

**EMBOLIZACION.** A las 24 horas de la cirugía se hizo un control angiográfico que mostró la permeabilidad del by-pass (Fig. 13), por lo que se procedió a la embolización del aneurisma. Se consiguió una exclusión completa del aneurisma, siendo necesaria la oclusión del tronco inferior de la ACM izquierda, que se revascularizaba completamente a través del by-pass (Fig. 14).

**EVOLUCIÓN** Fue dada de alta asintomática a los siete días de la intervención. En el control al cabo de un año, la paciente seguía asintomática y la angiografía demostraba la permeabilidad del by-pass con exclusión completa del aneurisma (Fig. 15).

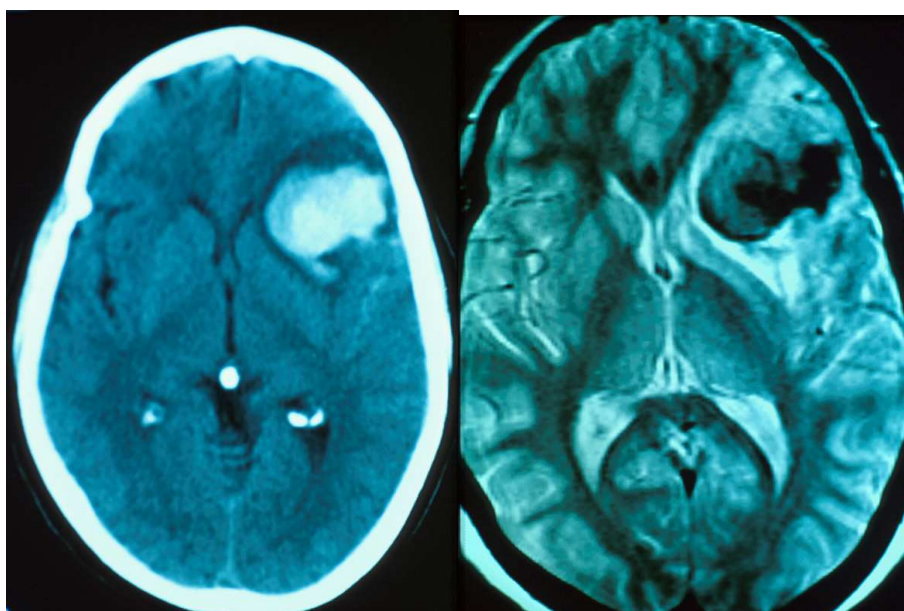


FIGURA 7. TC y RM: hematoma en la fisura de Silvio izquierda

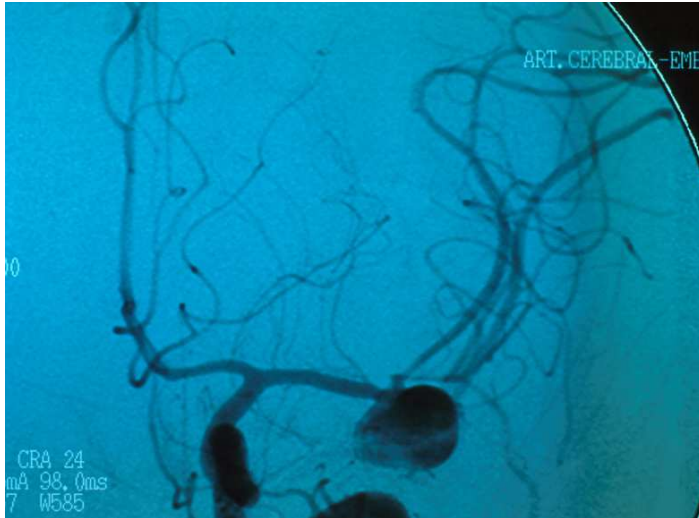


FIGURA 8.Arteriografía de carótida interna izquierda: aneurisma gigante de la ACM izquierda de cuello ancho que incluye la porción inicial del tronco inferior de M2

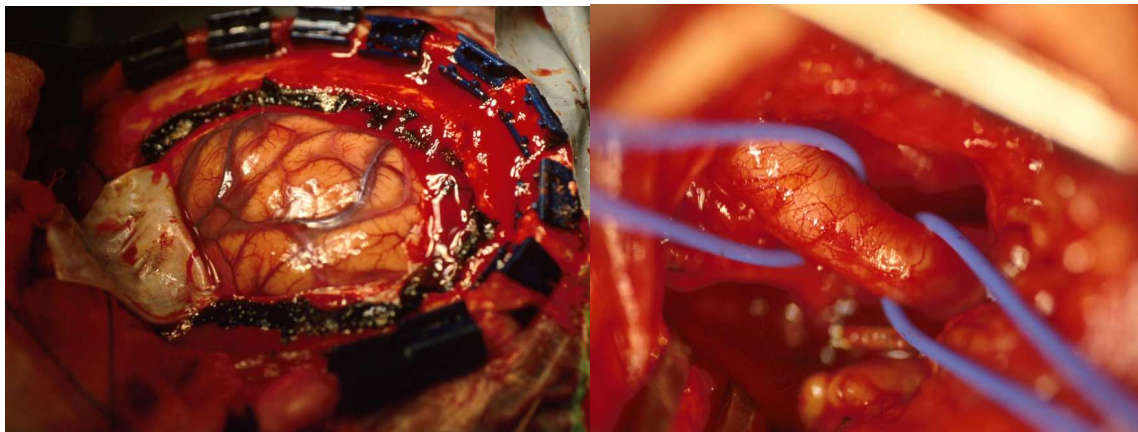


FIGURA 10. Exposición de los vasos donantes y receptores en cuello (a) y cerebro(b).



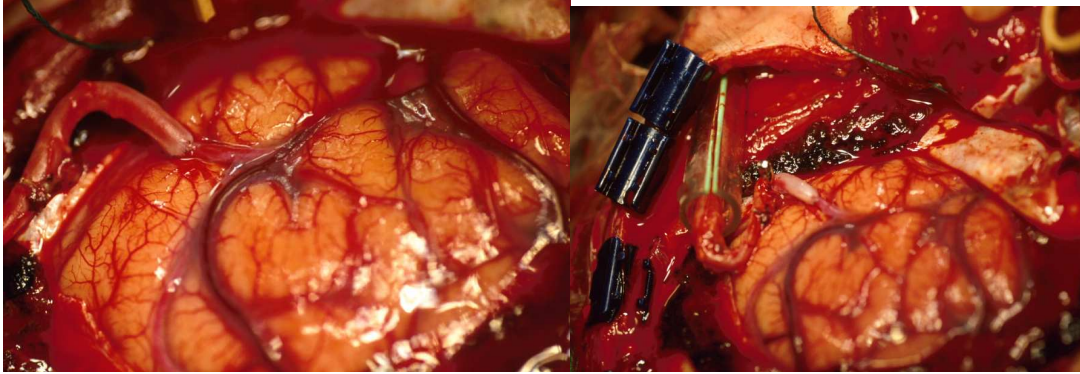


FIGURA 11. Se realiza la anastomosis distal en primer lugar y luego se tuneliza.

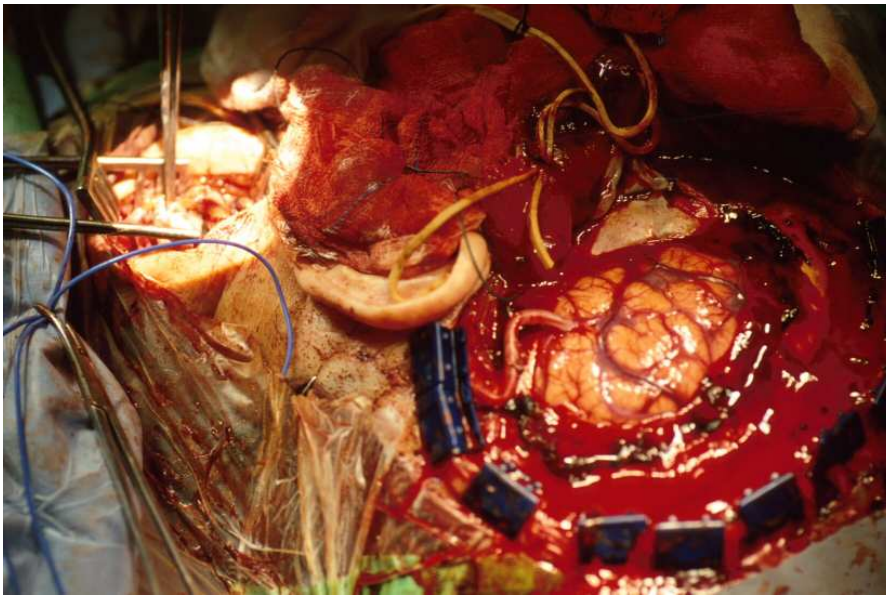


FIGURA 12. Anastomosis proximal que completa el bypass.

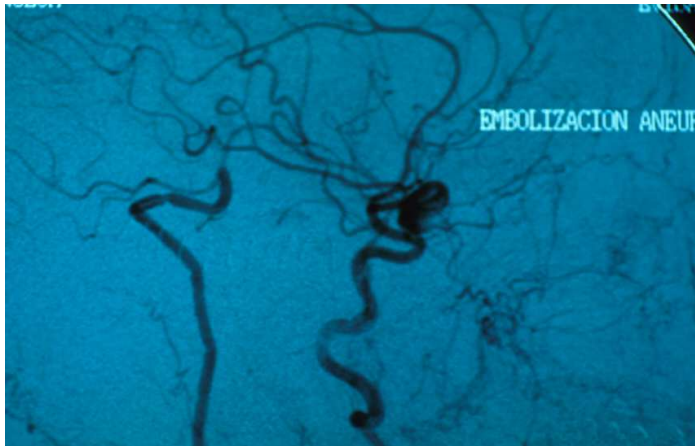


FIGURA 13. Angiografía de carótida común a las 24 horas de la cirugía: permeabilidad del by-pass



FIGURA 14. Angiografía carótida interna izquierda: exclusión completa del aneurisma, y oclusión del tronco inferior de la ACM izquierda.

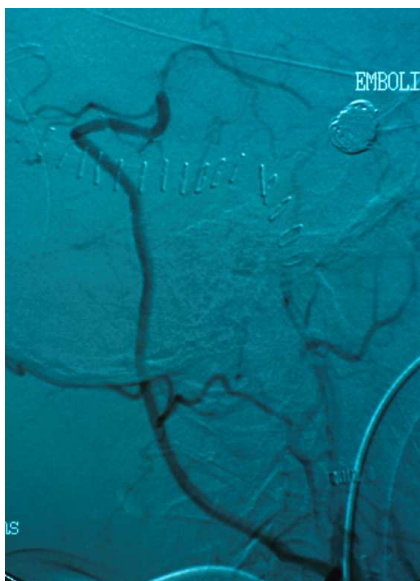


FIGURA 15. Angiografía carótida externa izquierda al año de la cirugía: permeabilidad del by-pass con exclusión completa del aneurisma, El bypass se ha adaptado para revascularizar únicamente el tronco inferior.

## 1.2 ANEURISMAS DE SENO CAVERNOSO

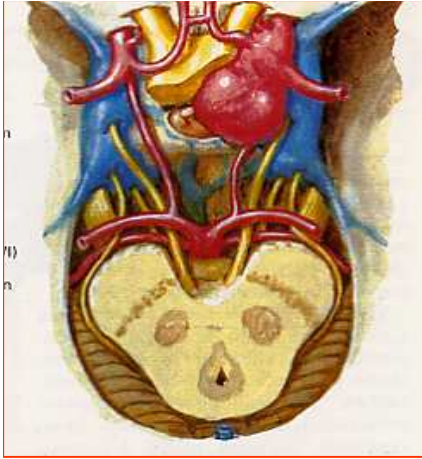


FIGURA 16. El seno cavernoso es un compartimento por el que pasan los pares craneales III, IV, VI y V1. Su proximidad al nervio óptico hace que los aneurismas en esta localización puedan causar disminución de la agudeza visual.

Estos aneurismas se originan en el segmento cavernoso de la arteria carotida interna. Están situados por fuera de los espacios subaracnoideos por lo que su clínica es distinta. No suelen producir hemorragia subaracnoidea. Su clínica consiste en un síndrome del seno cavernoso con proptosis, dolor orbitario, afectación de pares craneales que pasan por el seno cavernoso (III, IV, VI y V1) y, en algunos casos disminución de la agudeza visual. Los aneurismas grandes pueden producir isquemia por embolización distal.

Los aneurismas asintomáticos los consideramos como una enfermedad benigna y no requieren tratamiento. En los sintomáticos es en los que es necesario el tratamiento.

Rara vez se realiza un abordaje directo a estos aneurismas y el clipaje ha caído en desuso debido al alto riesgo de daño de los pares craneales del seno cavernoso.

En estos casos es necesario realizar un test de oclusión con balón. Si los paciente lo toleran se puede plantear una oclusión carotidea como tratamiento. En los pacientes que no lo toleran es necesario realizar un bypass.

En los últimos años se han desarrollado nuevos STENTs que permiten el tratamiento de estos aneurismas sin necesidad de bypass.

### 1.2.1. ANEURISMA GIGANTE DE SENO CAVERNOSO DERECHO.

Mujer de 67 años que presentaba proptosis, parálisis del III par y

disminución de agudeza visual en ojo derecho. En TC y RM se observó un aneurisma de seno cavernoso derecho (Fig. 17).

**INTERVENCION QUIRURGICA.** Se había intentado tratamiento conservador pero el aneurisma continuaba creciendo y la clínica se hacía más intensa, por lo que se decidió tratamiento quirúrgico con oclusión de la carótida derecha. Se realizó test de oclusión con balón intraluminal de la carótida derecha que no fue tolerado, existiendo sólo un débil relleno del segmento A1 derecho a través de la carótida contralateral (Fig. 18). Era necesario, por lo tanto, la realización de un bypass para revascularizar el territorio de la carótida derecha antes de proceder a la oclusión de la misma, y era necesario que fuese de alto flujo para revascularizar todo el territorio carotideo. Como vaso donante se eligió la carótida externa distalmente a la bifurcación carotidea, una vez descartada en la angiografía lateral de carótida cervical la existencia de placas que impidieran la anastomosis a este nivel. Se utilizó un injerto de arteria radial izquierda, tras realizar un test de Allen para valorar la circulación colateral en el arco palmar. Como vaso receptor se seleccionó la rama temporal posterior de la arteria cerebral media derecha en el punto de salida de la cisura de Silvio sobre el giro temporal superior, por tratarse de un vaso accesible en superficie y de un diámetro algo mayor de 2 mm. Se hizo el bypass siguiendo la técnica descrita anteriormente (Fig. 19).

**EMBOLIZACIÓN.** Un día después la arteriografía selectiva de carótida externa derecha demostró que el bypass estaba permeable y que rellenaba parte del territorio de la arteria cerebral media derecha (Fig. 20). Para ver si el bypass podía suplir completamente a la carótida derecha, se realizó un test de oclusión con balón intraluminal que fue bien tolerado por lo que se procedió a la oclusión

endovascular de la arteria carótida derecha. La irrigación por el bypass era complementaria del relleno del territorio de la arteria cerebral anterior derecha a través de la carótida contralateral.

***EVOLUCION POSTOPERATORIA.*** Fue dada de alta ocho días después de la oclusión endovascular sin presentar complicaciones postoperatorias. En el control a los 6 meses la paciente había recuperado casi completamente la clínica compresiva en ojo derecho y sólo presentaba una disminución de la agudeza visual residual. La arteriografía de control reveló la permeabilidad del bypass.

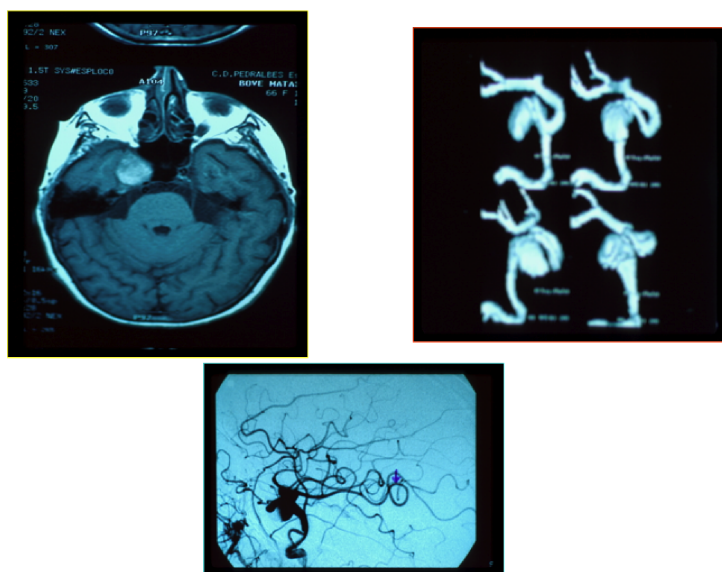


FIGURA 17. Aneurisma cavernoso derecho visto en RM (a), angioTAC (b) y angiografía (c).



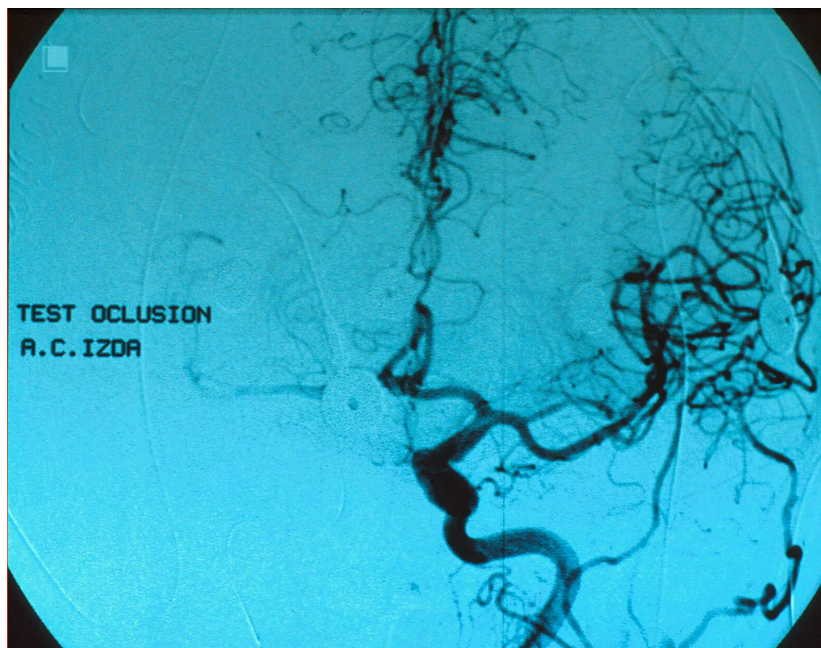


FIGURA 18. Angiografía de carótida interna derecha con compresión cruzada: débil relleno de A1 izquierda.

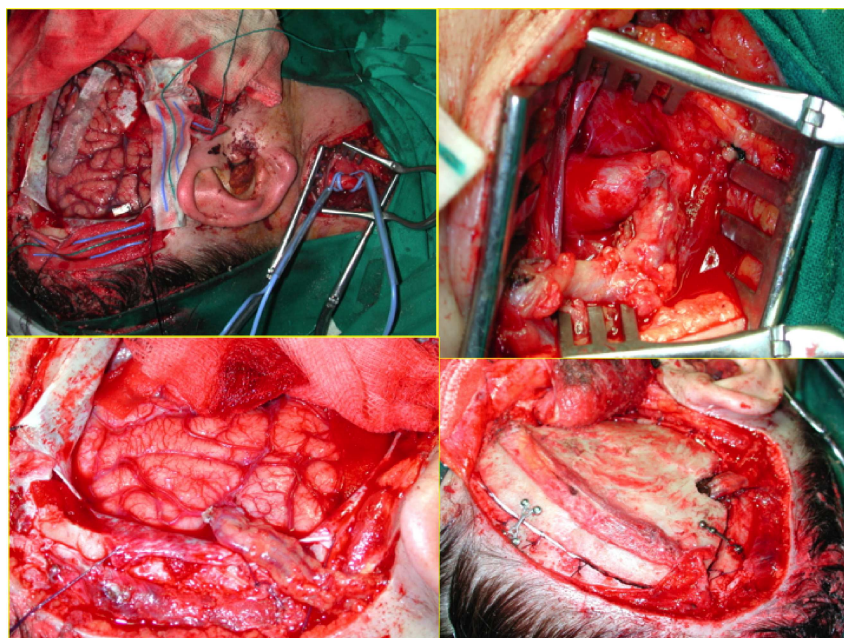


FIGURA 19. Intervención quirúrgica:  
A-Craneotomía B- Disección de arteria carótida externa en el cuello. C-  
Anastomosis distal de la arteria radial a la arteria temporal posterior. D- Reposición  
del colgajo oseo con fenestración para la salida del bypass.

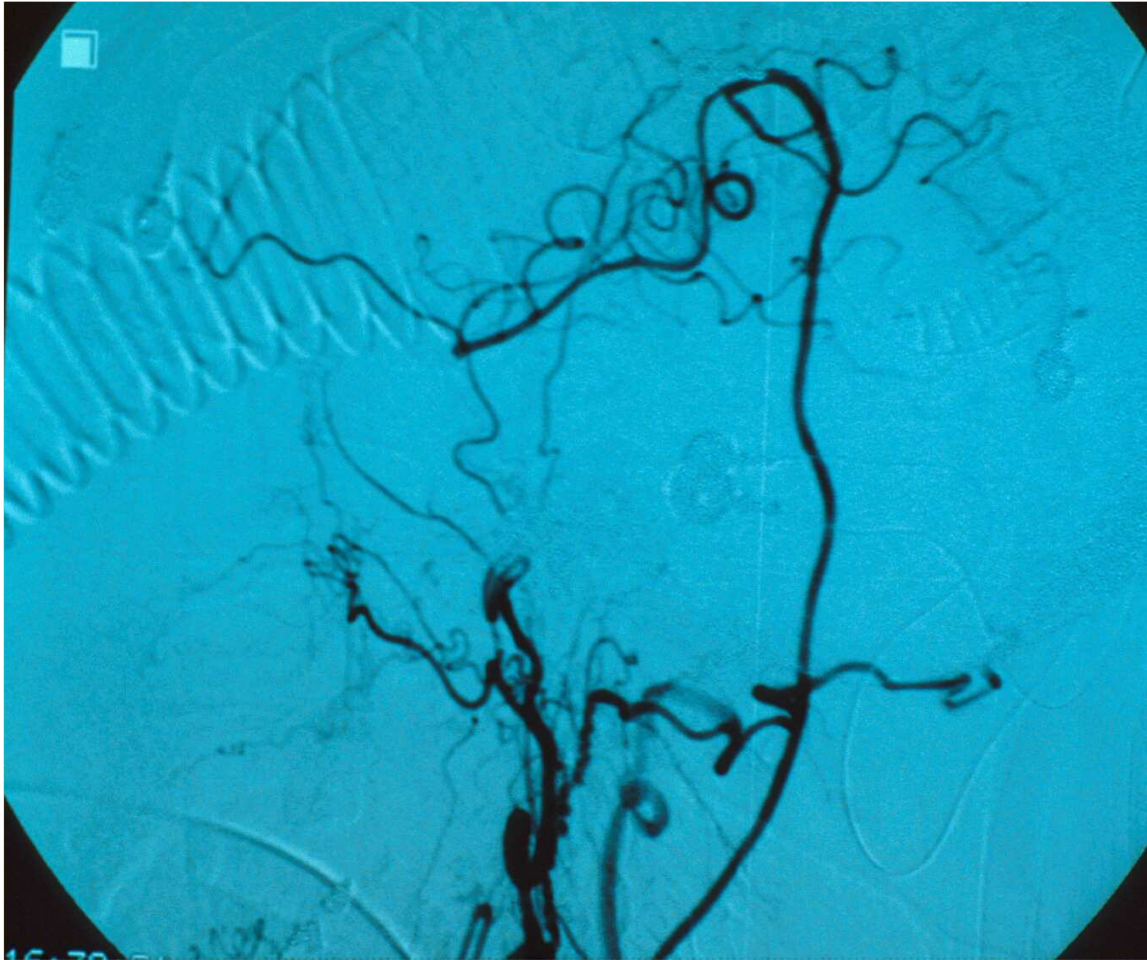


FIGURA 20. Arteriografía selectiva de carótida externa derecha: relleno del bypass de todo el territorio de la arteria cerebral media derecha, complementario del relleno del territorio de la arteria cerebral anterior derecha a través de la carótida contralateral.

### **1.2.2. ANEURISMA SINTOMÁTICO DE SENO CAVERNOSO CON CRECIMIENTO PROGRESIVO.**

Mujer de 73 años que consulta por deterioro visual , proptosis y dolor ocular derechos. Presenta, asimismo, paresia de III, IV y V1 derechos. Tiene un aneurisma ya conocido de segmento carotideo de carótida interna derecha que ha sido tratado parcialmente con embolización en otro centro. En una arteriografía realizada el año anterior puede apreciarse el aneurisma con coils compactados en uno de sus extremos.(Fig. 21)

En la nueva arteriografía se ve un gran crecimiento del aneurisma que adopta una forma irregular. Existe una estenosis en la arteria carótida interna (ACI) proximal al aneurisma.(Fig. 22)

Se realiza un test de oclusión que no es tolerado por la paciente por lo que se decide realizar bypass y oclusión de ACI. La paciente tiene una edad avanzada por lo que se planea un bypass no oclusivo con la técnica ELANA desarrollada en la Universidad de Utrecht por el Profesor Tulleken(78). Esta técnica nos permite realizar en bypass sin necesidad de ocluir transitoriamente la circulación distal, usando un laser para crear una apertura en el vaso receptor. Es obligado en estos casos realizar el bypass con injerto de vena safena que se debe cortar en dos partes. Como siempre que usamos la venas tenemos en cuenta la dirección del flujo por la presencia de válvulas.

Los pasos de la cirugía son los siguientes:

1-En primer lugar insertamos el anillo, en este caso de 2.6 mm, en la vena que usaremos como injerto. Se fija con puntos sueltos de prolene o ethilon de 8/0. (Fig. 23a).

2-Se sutura el extremo de la vena con el anillo a la pared del vaso receptor. En este caso había muchas placas de ateroma y elegimos la cara dorsal del segmento M1 derecho como receptora (sería imposible con la técnica convencional). (Fig 23b)

3-Se introduce el laser a través del extremo distal de la vena y se hace la apertura en el vaso receptor (M1). Se extrae el colgajo de pared desprendido mediante aspiración, se comprueba el flujo a través de la vena y se coloca un clip temporal.



4-Realizamos la anastomosis proximal en la carótida externa cervical anastomosando la porción proximal de la vena, que habíamos dividido previamente, usando la técnica convencional.

5-Finalmente se anastomosan los dos extremos de la vena, usando una sutura continua y se liberan los clips temporales.

En el control de angiografía intraoperatoria se ve el relleno de todo el territorio de la ACI derecha a través del bypass (Fig. 24).

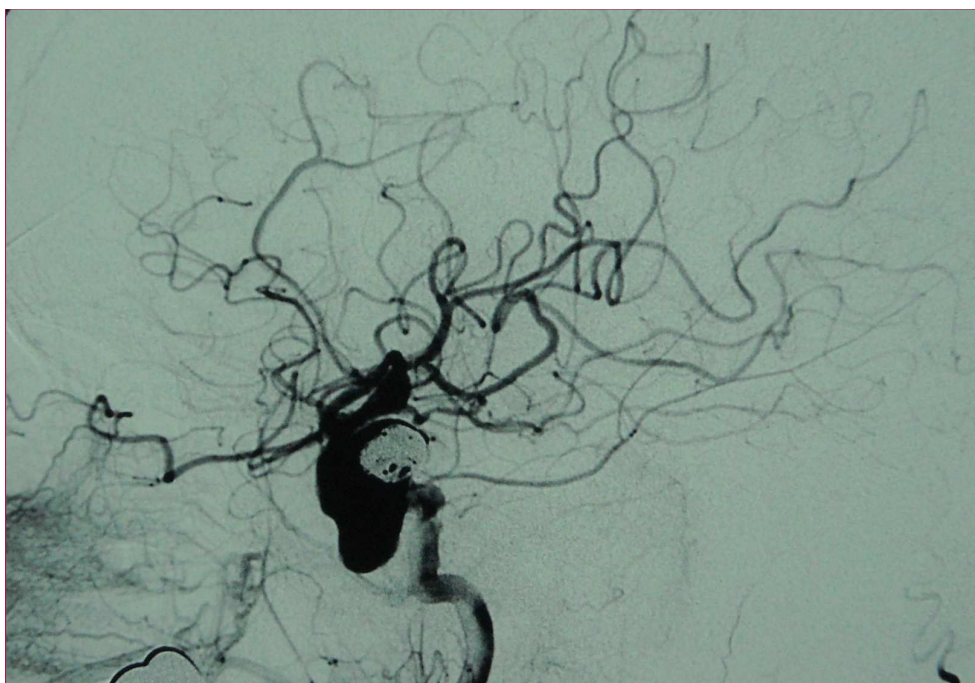


FIGURA 21. Angiografía carótida interna derecha: aneurisma cavernoso con coils compactados en uno de sus extremos.

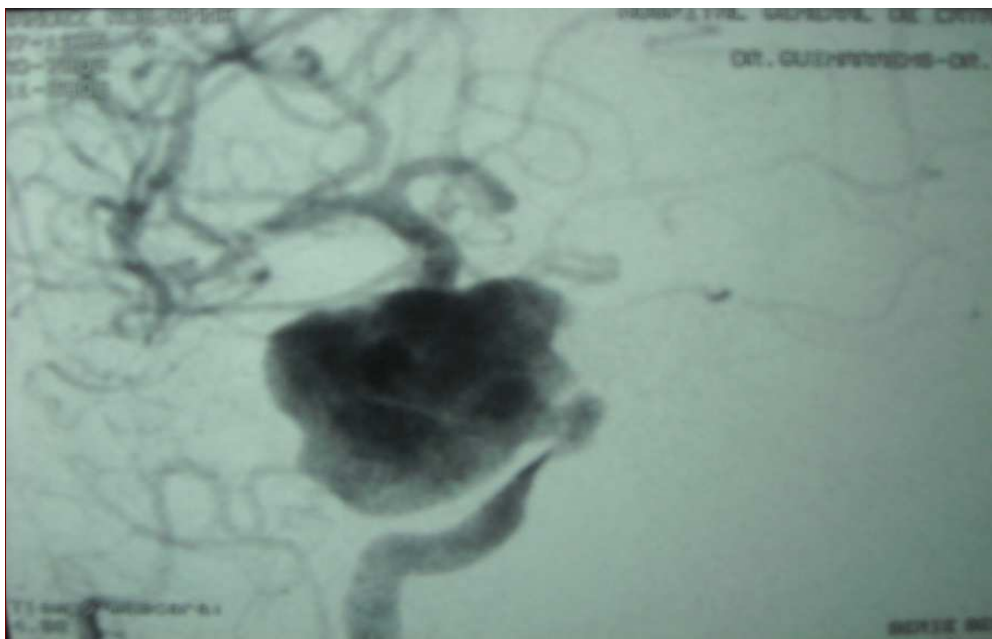


FIGURA 22.Arteriografía de carótida interna derecha un año después: gran crecimiento del aneurisma que adopta una forma irregular. Estenosis en la ACI proximal al aneurisma.

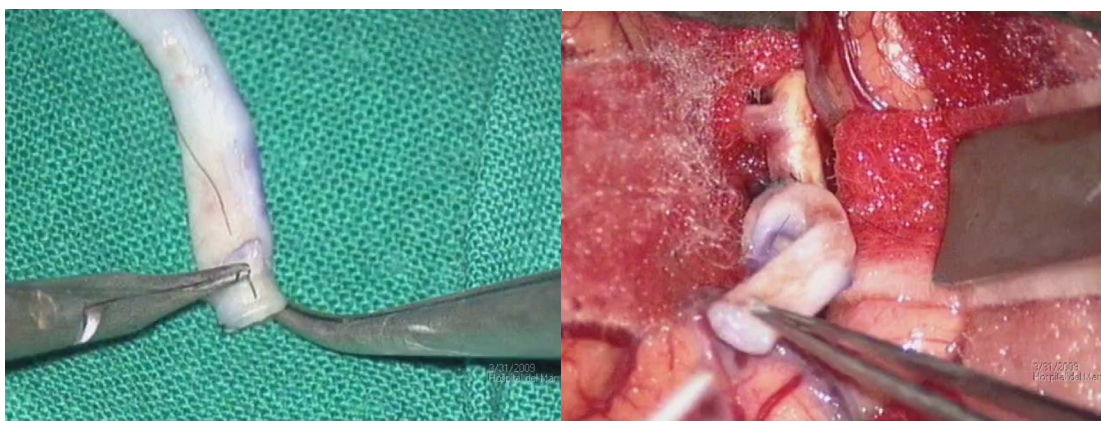


FIGURA 23.A-Técnica ELANA. A-Fijación de un anillo de 2.6 mm a la circunferencia de la vena para que sirva de guía. Se realiza con puntos sueltos de 8/0. B- Sutura del extremo de la vena con el anillo a la pared del vaso receptor que fue la cara dorsal del segmento M1 derecho.

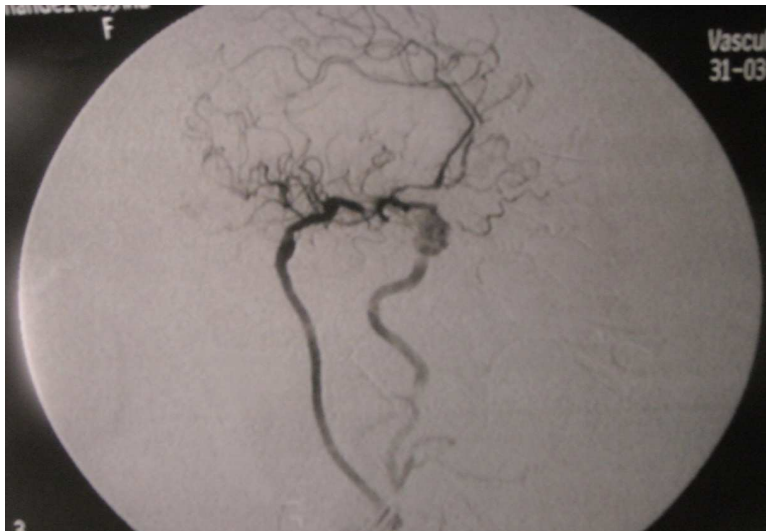


FIGURA 24. Arteriografía de arteria carótida común derecha intraoperatoria: relleno de todo el territorio de ACI a través del bypass.

### **1.3 ANEURISMAS FUSIFORMES**

Son dilataciones de un segmento de una arteria cerebral. En estos casos no vemos un cuello que lo separa de la arteria normal. Se trata de un segmento arterial con un cuello de entrada o proximal y un cuello de salida o distal. El crecimiento de estos aneurismas es muy dependiente del flujo de entrada que ejerce presión sobre un punto de la pared que llamamos Zona de Influjo. El crecimiento de estos aneurismas se produce a partir de este punto.

Dividimos estos aneurismas en dos grupos en función de la presencia o no de vasos perforantes en su interior:

1-Tipo I. Dilatación segmentaria de una arteria sin vasos perforantes en su interior.

Suelen presentarse en un segmento M2 de la arteria cerebral media.

2-Tipo II. Dilatación segmentaria de una arteria con vasos perforantes en su interior.

Suelen presentarse en los segmentos de ICA, M1 y A1.

El tratamiento de estos aneurismas consiste en la exclusión (trapping) del segmento de arteria afectado mediante un clipaje proximal y distal. En la mayoría de los casos no se tolera la oclusión al tratarse de circulación distal y es necesario un bypass. En los casos con perforantes en su interior (tipo II) esto no es posible y debemos de conformarnos con alterar el flujo para proteger la Zona de Influjo.

El tratamiento depende del tipo de aneurisma:

Tipo I. En primer lugar se realiza un bypass para revascularizar el territorio distal al vaso afectado. Posteriormente se realiza oclusión del segmento afectado mediante clipaje proximal y distal u oclusión endovascular.

Tipo II: No se puede realizar la exclusión del segmento por la presencia de vasos perforantes. Se realiza un bypass distal y una oclusión proximal con inversión del flujo para proteger la zona de entrada y promover una oclusión gradual del aneurisma.

En algunos aneurismas Tipo II, en los que la pared es gruesa y no tienen mucho riesgo de ruptura, especialmente si están produciendo clínica de isquemia por émbolos procedentes del aneurisma, preferimos realizar el bypass distal y un clipaje exclusivamente distal del aneurisma. Esto produce una oclusión gradual del aneurisma pero manteniendo el flujo a las arterias perforantes.

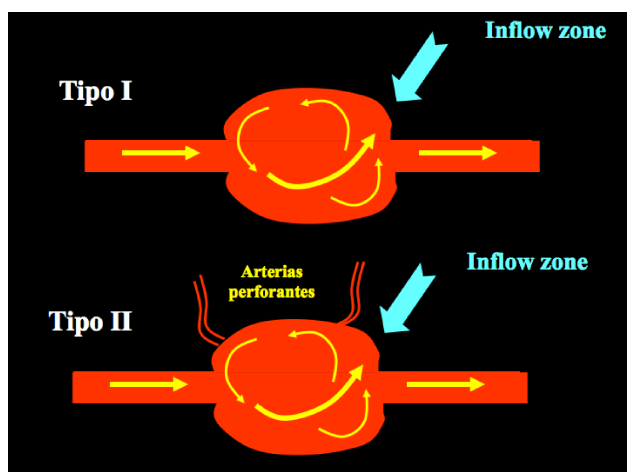


FIGURA 25. Dibujo representativo que muestra los dos tipos de aneurismas fusiformes sin(tipo I) y con (TIPO II) arterias perforantes en su trayecto. Se representa también la zona de influjo que es la parte del aneurisma fusiforme con más riesgo para la ruptura.

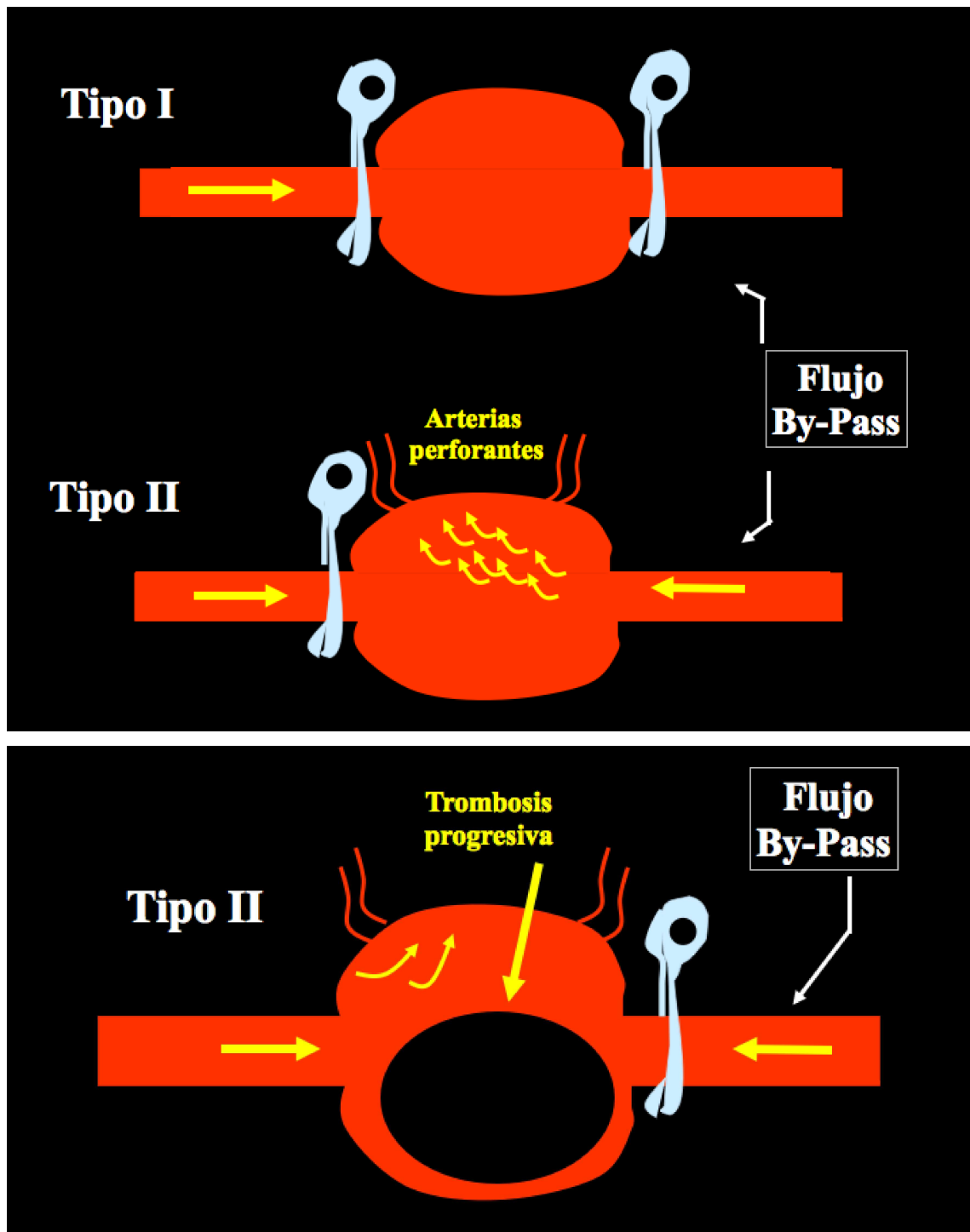


FIGURA 26. Dibujo representativo que muestra el procedimiento quirúrgico de los aneurismas fusiformes con exclusión del segmento dilatado en el Tipo I y con oclusión proximal o distal en el Tipo II.

### **1.3.1 ANEURISMA FUSIFORME TIPO I.**

#### **TRATAMIENTO BY-PASS + ENDOVASCULAR.**

#### **ANEURISMA GIGANTE EN SERPENTIN DE TRONCO INFERIOR M2 DE ARTERIA CEREBRAL MEDIA DERECHA.**

Algunos aneurismas gigantes tienen trombos que ocupan la mayor parte de su luz y se conocen como aneurismas en serpentín por su trayecto irregular. Producen clínica en relación con su tamaño, cursando con cefalea y crisis epilépticas, pero también pueden producir hemorragia subaracnoidea o hematomas por rotura de los mismos. Para su tratamiento suele ser necesario un bypass.

Se trata de un caso de un varón de 52 años con antecedentes de fumador e hipertensión arterial que había tenido varias crisis epilépticas y refería cefalea en aumento en los últimos meses.

La RM cerebral mostraba una lesión temporal derecha grande, de 5 centímetros de diámetro y que impresiona de aneurisma gigante parcialmente trombosado (Fig. 27).

En la arteriografía cerebral se confirma que el aneurisma está mayoritariamente trombosado y sólo mantiene patente una pequeña porción de su luz. Se trata de una dilatación fusiforme del tronco inferior de la arteria cerebral media derecha (Fig. 28).

No se considera el aneurisma subsidiario de clipaje o embolización, por lo que se decide realizar bypass y embolización posterior de la porción permeable del aneurisma.

Para la planificación de la cirugía pensamos que lo que tenemos que revascularizar es el tronco inferior. En la arteriografía vimos que la arteria temporal superficial era demasiado pequeña (menor de 1 mm), por lo que decidimos realizar un bypass con injerto de arteria radial desde la arteria carótida externa hasta la arteria temporo-occipital derecha que es rama distal del tronco inferior de la ACM que da origen al aneurisma (Fig. 29).

A las 24 horas se realiza la embolización de la porción permeable del aneurisma con sacrificio del tronco inferior (Fig. 30).

El paciente no presenta complicaciones postoperatorias.

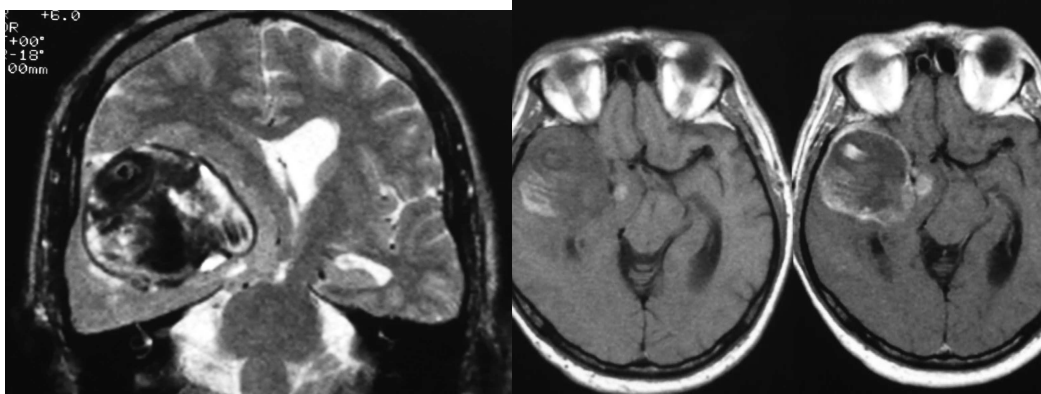


FIGURA 27. RM cerebral muestra una lesión temporal derecha grande, de 5 centímetros de diámetro y que impresiona de aneurisma gigante parcialmente trombosado.

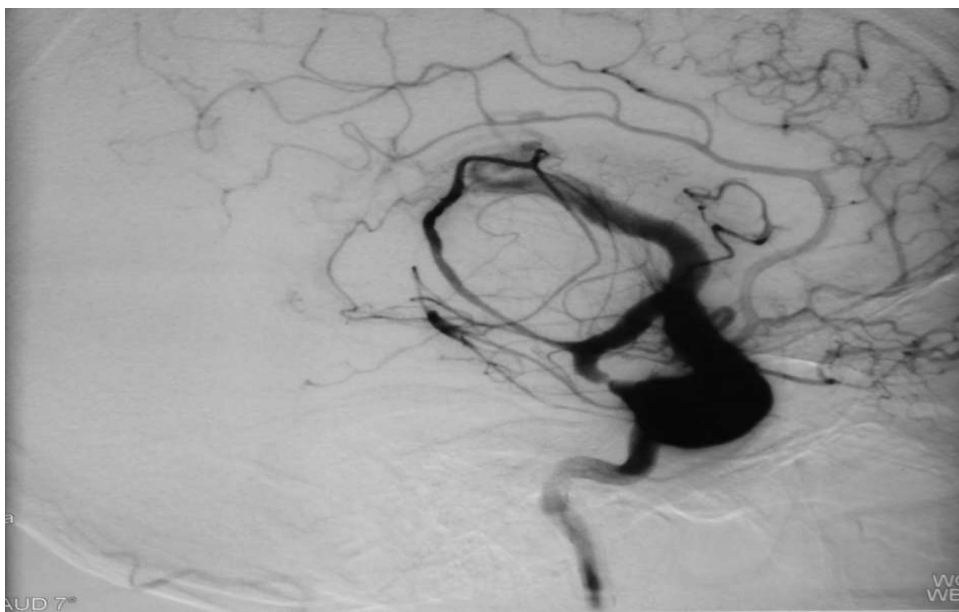


FIGURA 28. Arteriografía de carótida interna derecha. Aneurisma en serpentín con luz arterial redundante e irregular del tronco inferior de la arteria cerebral media derecha.

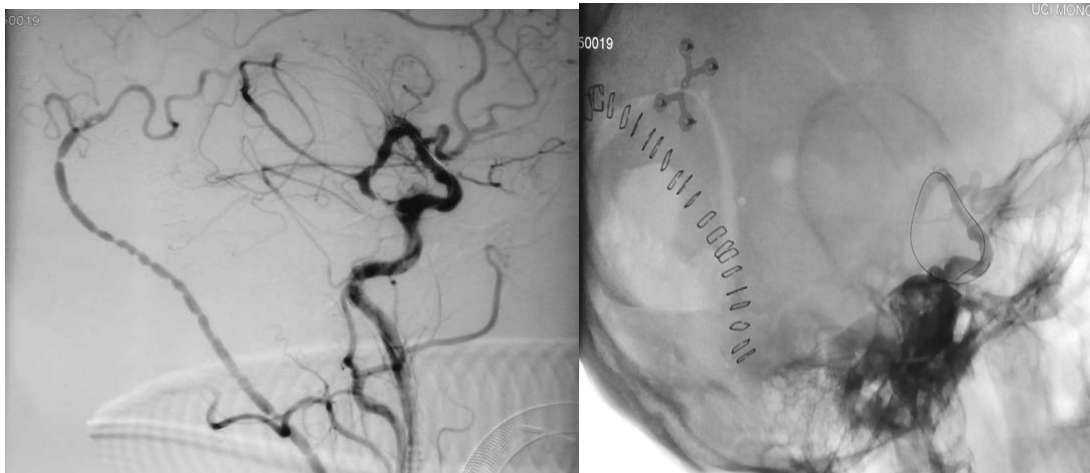


FIGURA 29. Angiografía de control con inyección en la carótida común derecha: By pass premeable con relleno del territorio correspondiente al tronco

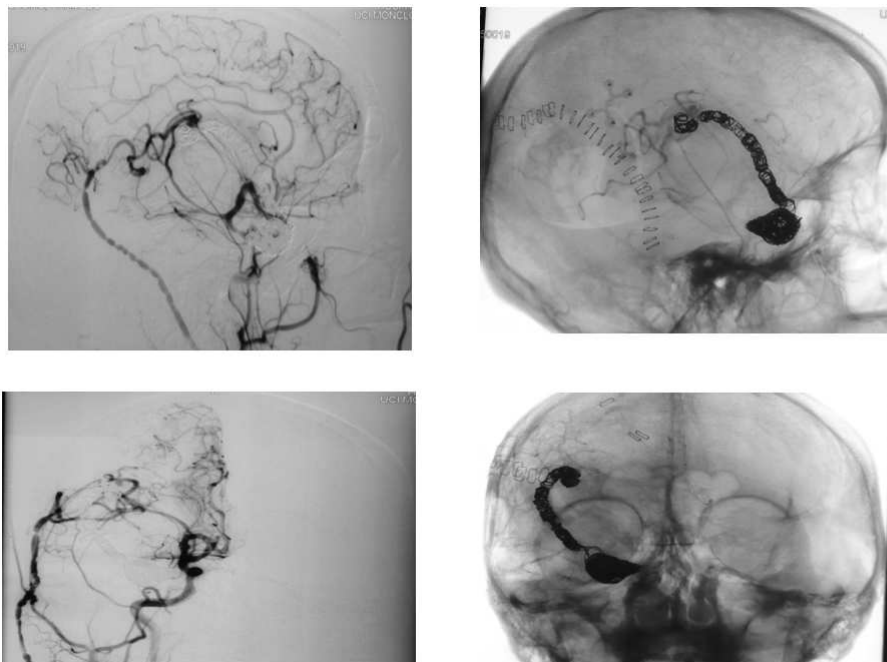


FIGURA 30. A las 24 horas se realiza la embolización de la porción permeable del aneurisma con sacrificio del tronco inferior.



### **1.3.2 ANEURISMA FUSIFORME TIPO I.**

#### **TRATAMIENTO CON BY-PASS+CLIPAJE PROXIMAL Y DISTAL. ANEURISMA GIGANTE FUSIFORME DE TRONCO INFERIOR M2 DE ARTERIA CEREBRAL MEDIA IZQUIERDA.**

Varón de 56 años, diestro, con historia de cefaleas y crisis epilépticas. Los estudios de imagen (TAC y RM) revelaron una lesión compatible con un aneurisma gigante en la cisterna silviana izquierda. Se realizó una arteriografía que mostró un aneurisma fusiforme gigante, parcialmente trombosado, que englobaba el tronco inferior del segmento M2 (Fig. 31), lo que hacía necesario el sacrificio de este vaso para la exclusión del aneurisma. La angiografía en proyección lateral de carótida interna izquierda demostró que el vaso implicado daba origen, distalmente al aneurisma, a las arterias parietales anterior y posterior, arteria angular y arteria temporal posterior izquierdas (Fig. 33). Se decidió tratamiento quirúrgico de la lesión, pero ante la imposibilidad de clipar el aneurisma sin ocluir proximal y distalmente el vaso implicado, se consideró la necesidad de hacer previamente un procedimiento de revascularización.

En la angiografía de carótida interna izquierda seleccionamos la rama ténporo-occipital de la ACM izquierda, como vaso receptor adecuado, por: 1) originarse distalmente al vaso implicado; 2) tener un calibre adecuado (mayor de 2 mm); y 3) su fácil acceso. La angiografía selectiva de carótida externa izquierda reveló una arteria temporal superficial que no era adecuada como vaso donante (menor de 2mm), por lo que se decidió realizar un bypass de alto flujo desde la carótida externa izquierda hasta la rama ténporo-occipital de la ACM izquierda, usando un injerto de arteria radial.

**INTERVENCION QUIRURGICA.** En primer lugar se hizo un bypass con injerto de arteria radial, desde la arteria carótida externa izquierda hasta la rama ténporo-occipital de la ACM izquierda. A continuación, en el mismo acto quirúrgico, se realizó clipaje del vaso de origen proximal y distalmente al aneurisma. Especialmente problemático fue la colocación del clip distal, pues el aneurisma terminaba a nivel de la bifurcación del tronco inferior y era necesario dejar permeable esta bifurcación para que llegara a todo el territorio la sangre

procedente del bypass.

**EVOLUCIÓN** La arteriografía de carótida interna postoperatoria reveló una exclusión completa del aneurisma y un defecto de irrigación en el territorio arterial distal al aneurisma. Este defecto se revascularizaba completamente a través del bypass. (Fig. 35). El paciente fue dado de alta asintomático a los diez días de la intervención. En el control anual continua asintomático con el bypass permeable y el aneurisma excluido de la circulación.

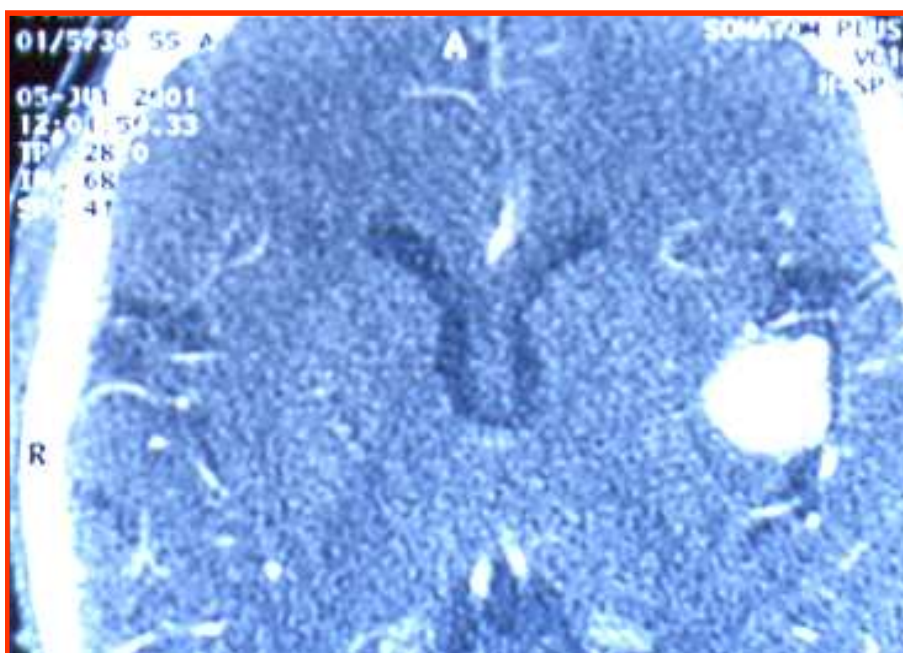


FIGURA 31. Los estudios de imagen (TAC y RM) revelaron una lesión compatible con un aneurisma gigante en la cisterna silviana izquierda. Se realizó una arteriografía que mostró un aneurisma fusiforme gigante, parcialmente trombosado, que englobaba el tronco inferior del segmento M2

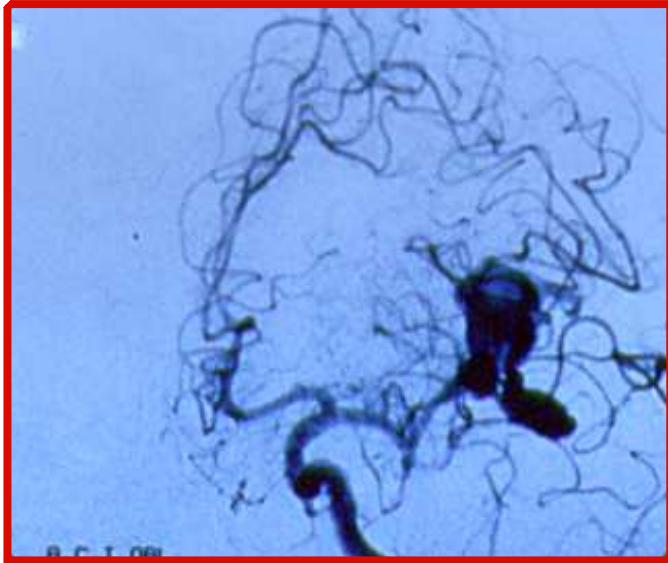


FIGURA 32. Se trata de un aneurisma en serpéntín en la cisterna silviana izquierda.

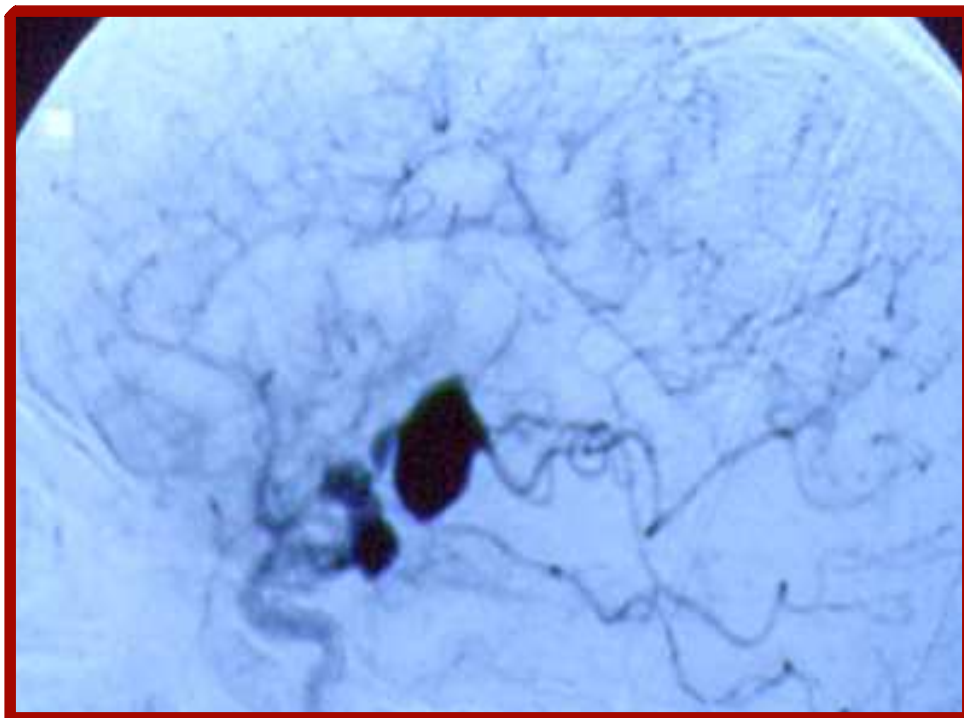


FIGURA 33. que hacía necesario el sacrificio de este vaso para la exclusión del aneurisma. La angiografía en proyección lateral de carótida interna izquierda demostró que el vaso implicado daba origen, distalmente al aneurisma, a las arterias parietales anterior y posterior, arteria angular y arteria temporal posterior izquierdas

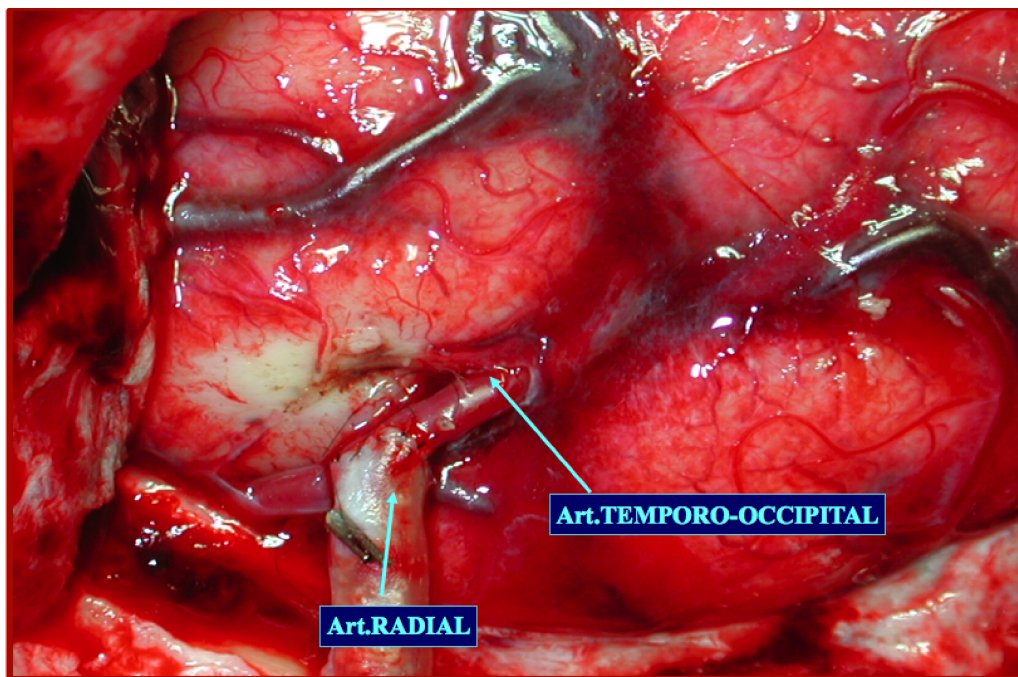


FIGURA 34. En primer lugar se hizo un bypass con injerto de arteria radial, desde la arteria carótida externa izquierda hasta la rama témporo-occipital de la ACM izquierda

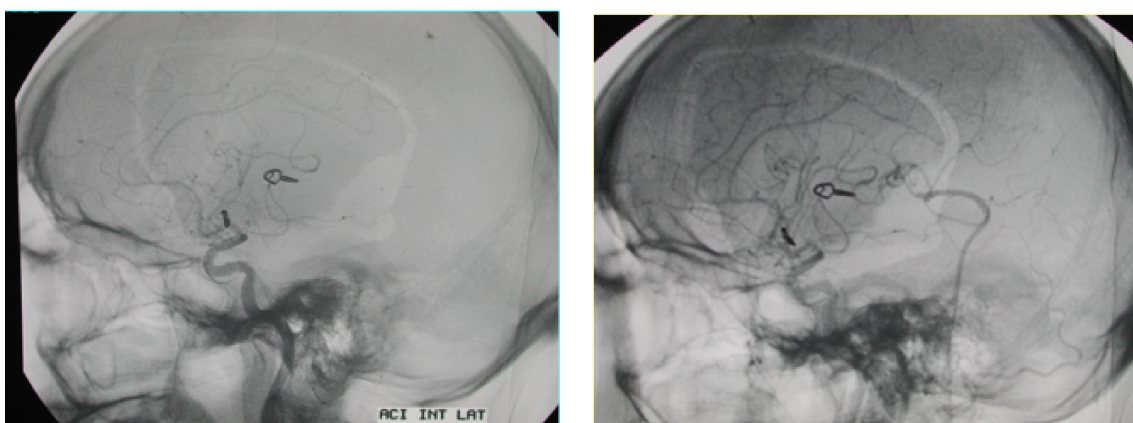


FIGURA 35. Se realiza clipaje del vaso de origen proximal y distalmente al aneurisma

### **1.3.3. ANEURISMA FUSIFORME TIPO II.**

#### **TRATAMIENTO CON BY-PASS Y OCLUSION ENDOVASCULAR PROXIMAL.**

#### **ANEURISMA GIGANTE FUSIFORME DE ARTERIA CARÓTIDA INTERNA IZQUIERDA Y ANEURISMA DE BIFURCACIÓN DE CEREBRAL MEDIA IZQUIERDA.**

Varón de 45 años con historia de cefaleas. Se diagnosticó en otro centro de un aneurisma gigante fusiforme de arteria carótida izquierda que en sucesivos controles de imagen fue creciendo. La reconstrucción tridimensional con angio-TAC nos mostró un aneurisma fusiforme gigante de carótida izquierda que se extendía hasta incluir la primera porción de las arterias A1 y M1 izquierdas y un pequeño aneurisma de bifurcación de arteria cerebral media izquierda (Fig. 36).

En el estudio arteriográfico se observó el inicio del aneurisma distalmente a la arteria coroidea anterior izquierda (Fig. 37).

**INTERVENCION QUIRURGICA.** Se hizo un bypass de alto flujo con injerto de arteria radial desde arteria carótida externa izquierda hasta la porción M2 (tronco inferior) de la arteria cerebral media izquierda. En el mismo acto quirúrgico se realizó el clipaje del aneurisma de bifurcación de arteria cerebral media izquierda y tratamos de ocluir la carótida proximalmente al aneurisma carotideo, no siendo esto último posible por la extensión proximal del mismo (Fig. 38).

**EMBOLIZACIÓN.** A las 48 horas de la intervención una arteriografía de control mostró buena permeabilidad del bypass por lo que se procedió al relleno parcial del aneurisma carotideo con espirales de platino y luego a la oclusión completa de la arteria carótida izquierda, mediante el depósito de espirales de platino en el sifón carotideo (Fig. 39).





FIGURA 36. . La reconstrucción tridimensional con angio-TAC nos mostró un aneurisma fusiforme gigaas arterias A1 y M1 izquierdas y un pequeño aneurisma de bifurcación de arteria cerebral media izquierda.

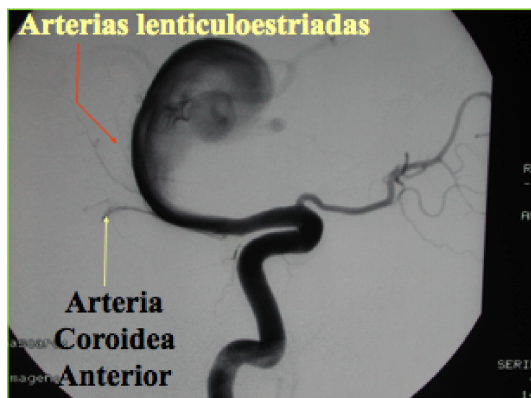


FIGURA 37. Se observa la coridea anterior izquierda saliendo del aneurisma.

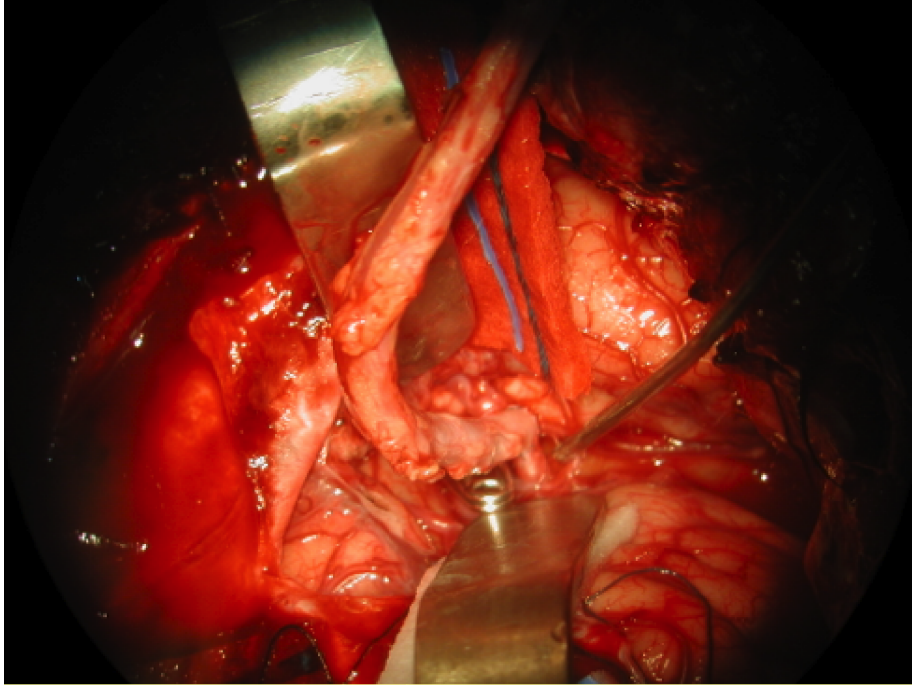


FIGURA 38. Se hizo un bypass de alto flujo con injerto de arteria radial desde arteria carótida externa izquierda hasta la porción M2 (tronco inferior) de la arteria cerebral media izquierda. En el mismo acto quirúrgico se realizó el clipaje del aneurisma de bifurcación de arteria cerebral media izquierda.

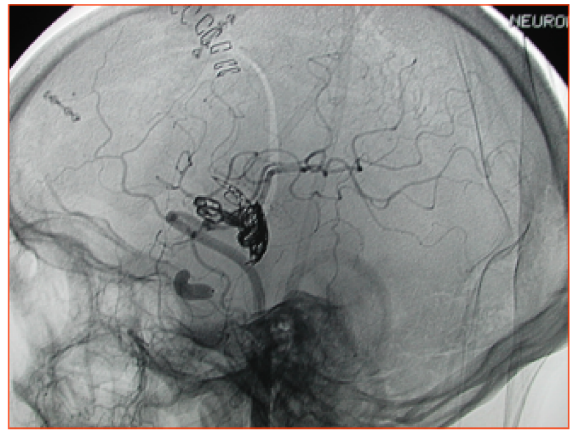
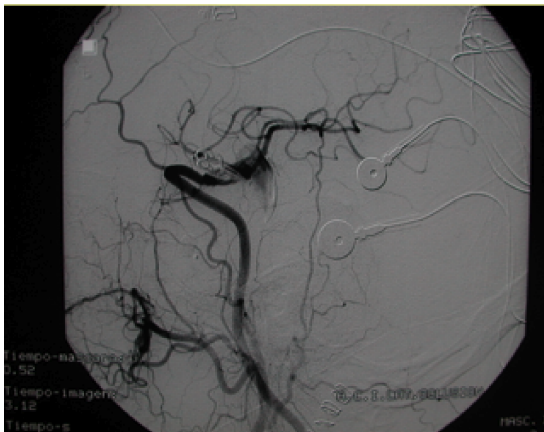


FIGURA 39. A las 48 horas de la intervención una arteriografía de control mostró buena permeabilidad del bypass por lo que se procedió al relleno parcial del aneurisma carotideo con espirales de platino y luego a la oclusión completa de la arteria carótida izquierda, mediante el depósito de espirales de platino en el sifón carotideo.

#### **1.3.4 ANEURISMA FUSIFORME TIPO II.**

##### **TRATAMIENTO ENDOVASCULAR CON CLIPAJE DISTAL**

Paciente de 42 años que ha sufrido varios accidentes isquémicos transitorios (AITs) que se manifestaron como afasia motora y hemiparesia derecha. Estos cuadros corresponden al territorio de la ACM izquierda. Se realiza un TAC y Rm que muestran una lesión en bifurcación de ACM izquierda compatible con aneurisma gigante con paredes parcialmente calcificadas. La arteriografía muestra un aneurisma fusiforme de ACM izquierda que engloba la porción más distal de M1 y la proximal de M2. Arterias perforantes parecen originarse del saco aneurismático. El aneurisma está parcialmente trombosado. Se trata de un aneurisma fusiforme Tipo II de nuestra clasificación que causa clínica isquémica probablemente por la liberación de émbolos y que tiene una pared gruesa parcialmente calcificada. Por ello, se decide tratamiento con bypass distal y clipaje distal al aneurisma para evitar la salida de émbolos a la circulación distal. No se cierra proximalmente para mantener un flujo adecuado a las arterias perforantes.

**INTERVENCIÓN QUIRURGICA:** Se realiza un bypass de carótida externa izquierda al segmento M2 inmediatamente distal al aneurisma. Se utiliza un injerto de arteria radial. Tras comprobar el funcionamiento del bypass se coloca un clip inmediatamente distal al aneurisma. Durante la cirugía observamos una disminución del flujo en el interior del aneurisma. En la arteriografía de control a las 24 horas de la cirugía, vemos una casi completa desaparición del aneurisma, quedando solamente una pequeña zona permeable. El paciente no ha presentado ninguna complicación. Se decide no hacer nada más y realizar un nuevo control a los 3 meses.



En el control de angioRM a los 3 meses se ve una desaparición completa del aneurisma. El paciente sigue asintomático.

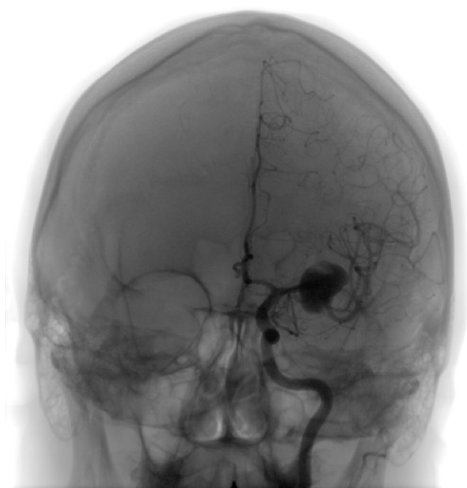


FIGURA 40. La arteriografía muestra un aneurisma fusiforme de ACM izquierda que engloba la porción más distal de M1 y la proximal de M2. Arterias perforantes parecen originarse del saco aneurismático. El aneurisma está parcialmente trombosado.

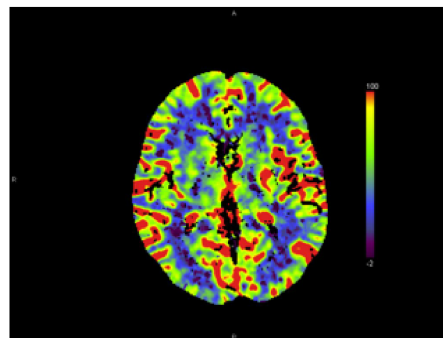
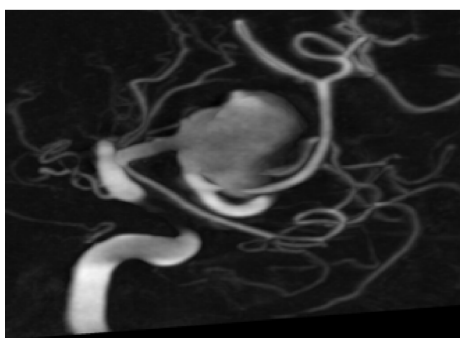
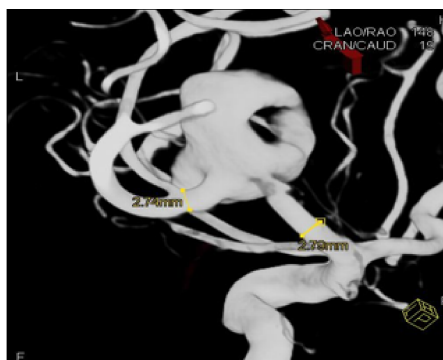
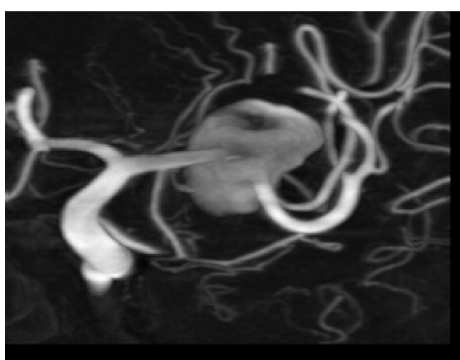


FIGURA 41. Se trata de un aneurisma fusiforme Tipo II de nuestra clasificación que causa clínica isquémica probablemente por la liberación de émbolos y que tiene una pared gruesa parcialmente calcificada.

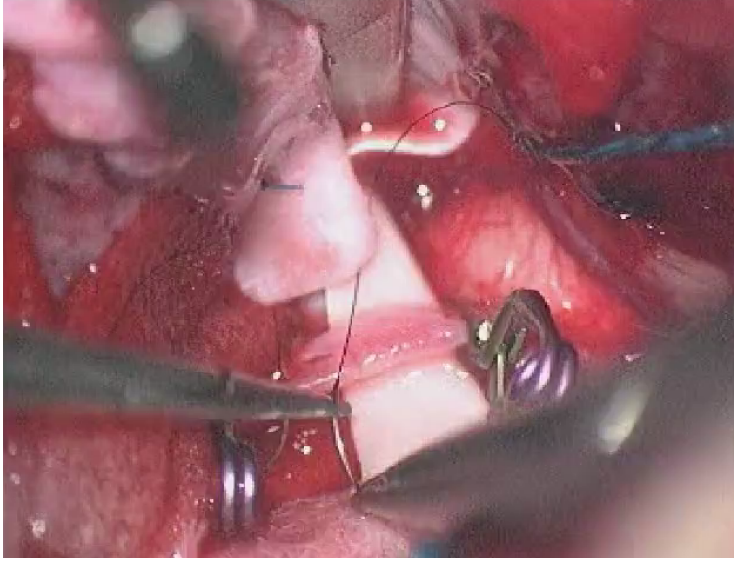


FIGURA 42. Se realiza un by-pass desde carótida externa izquierda con injerto de Arteria radial al segmento M2 inmediatamente distal al aneurisma. Tras ello, colocamos un único clip distal al aneurisma.



FIGURA 43. En la arteriografía de control a las 24 horas de la cirugía, vemos una casi completa desaparición del aneurisma, quedando solamente una pequeña zona permeable.

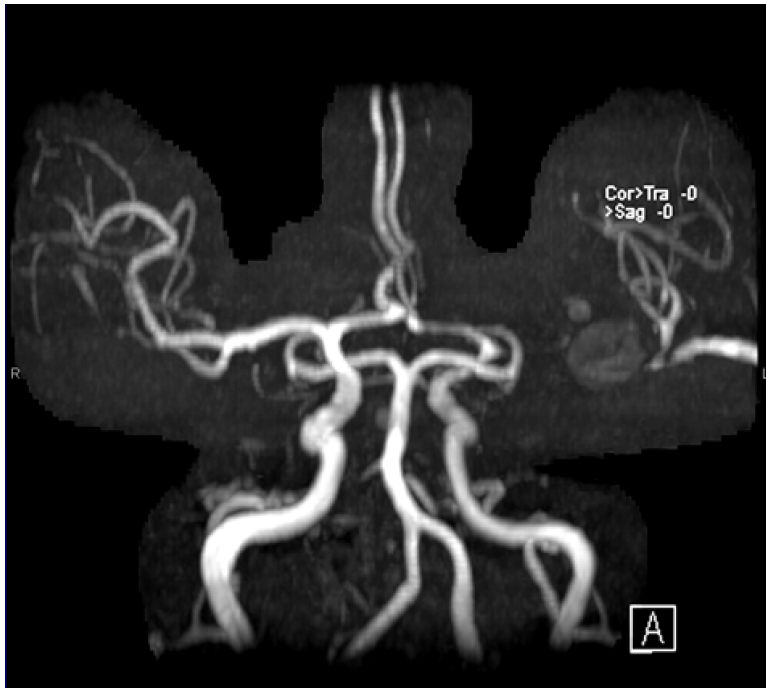


FIGURA 44. En el control de angioRM a los 3 meses se ve una desaparición completa del aneurisma.

#### **1.4 ANEURISMAS PREVIAMENTE TRATADOS (EMBOLIZADOS O CLIPADOS).**

Los aneurismas que recurren tras el tratamiento, ya sea quirúrgico o endovascular, pueden resultar muy dificultosos para el tratamiento directo quirúrgico o endovascular. En aneurismas embolizados, especialmente aquellos que han tenido varios tratamientos, el clipaje resulta muy difícil por varias razones. En primer lugar, la fuerza que ejercen los coils sobre el clip, desplazan a este hacia el vaso produciendo la oclusión del mismo. En segundo lugar, pueden existir porciones de los coils atravesando el cuello por lo que resulta muy arriesgado el clipaje porque podemos desgarrar el cuello del aneurisma. En los aneurismas previamente clipados la disección del aneurisma resulta muy arriesgada debido a la

fibrosis producida por la cirugía previa. En estos casos puede estar indicada la realización de un bypass con oclusión del vaso que da origen al aneurisma.

#### **1.4.1 ANEURISMA PREVIAMENTE EMBOLIZADO EN VARIAS OCASIONES.**

Varón de 54 años que presenta aneurisma de ACM derecha tratado mediante embolización con coils en cuatro ocasiones y que ha sufrido otras tantas recanalizaciones. En la arteriografía vemos los coils compactados en el fondo del saco pero vemos varios filamentos de coils atravesando el cuello en introduciéndose en el vaso de origen. El aneurisma se origina de la bifurcación de la ACM y se relaciona estrechamente en su origen con el tronco inferior. Es necesario el sacrificio del tronco inferior para realizar la oclusión completa del resto del aneurisma. Se realiza un bypass de carótida externa a la rama temporo-occipital de la ACM derecha que se origina en el tronco inferior de la ACM. Posteriormente se realiza embolización del resto del aneurisma con sacrificio del tronco inferior de la ACM.



FIGURA 45. En la arteriografía vemos los coils compactados en el fondo del saco pero vemos varios filamentos de coils atravesando el cuello en introduciéndose en el vaso de origen.

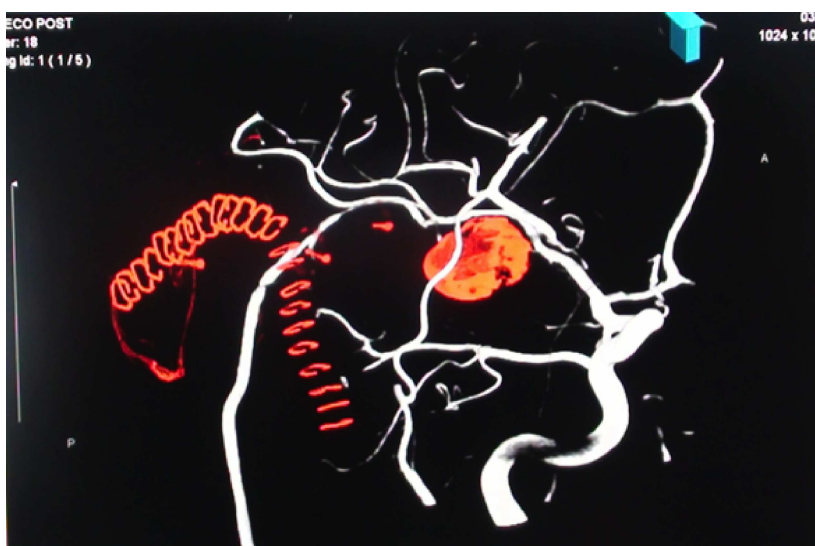


FIGURA 46. Se realiza un bypass de carótida externa a la rama temporooccipital de la ACM derecha que se origina en el tronco inferior de la ACM. Posteriormente se realiza embolización del resto del aneurisma con sacrificio del tronco inferior de la ACM.

## **2. ASPECTOS TÉCNICOS EN LA CIRUGÍA DE BY-PASS**

La cirugía de bypass extra-intracraneal es una cirugía de muchos pasos con muchos pequeños detalles en cada uno de ellos que si no se tienen en cuenta pueden hacer fracasar la cirugía. Además, es muy importante la preparación tanto preoperatoria como postoperatoria.

Así, podemos dividir la cirugía del bypass en tres partes:

- 1- Preparación preoperatoria.
- 2- Cirugía propiamente dicha. Se divide en siete pasos.
- 3- Cuidados postquirúrgicos.

### **2.1 PREPARACION PREOPERATORIA.**

Antiagregamos a todos los pacientes antes y durante la cirugía con aspirina 100 mgs cada 24 horas. Comenzamos el tratamiento 24 horas antes de la cirugía. Es muy importante el tratamiento con estatinas en caso de que exista hipercolesterolemia.

### **2.2 CIRUGIA DE BY-PASS EXTRA-INTRACRANEAL.**

#### **2.2.1 MONITORIZACION INTRAOPERATORIA.**

En los últimos casos de la serie hemos usado la monitorización neurofisiológica intraoperatoria con potenciales motores y neurosensitivos.

Los potenciales motores han sido útiles para la monitorización de “pequeño vaso”, (lenticuloestriadas etc) durante el clipaje de los aneurismas gigantes tras la

realización del bypass. Los potenciales somatosensitivos han sido útiles para la monitorización de “vaso grande”(arteria cerebral media y sus ramas, arteria cerebral anterior y sus ramas). Son éstos los realmente importantes durante la realización del bypass. Existen tres situaciones en las que puede ser útil el registro de potenciales:

- 1- Caída rápida de potenciales tras realizar el clipaje temporal de la arteria receptora. Se retiran los clips temporales y buscamos otro lugar para la arteria receptora.
- 2- Se produce una caída de los potenciales un tiempo después de haber comenzado la sutura del bypass. En este caso lo único que podemos hacer es terminar el bypass lo más rápidamente posible y utilizar medidas de protección cerebral.
- 3- No se produce cambio en los potenciales tras un problema técnico por el que se ha tenido que ocluir una arteria. Esta experiencia la tuvimos en un caso de aneurisma fusiforme de segmento M1 izquierdo (TIPO 2) ya operado previamente, que fue tratado con bypass de arteria carótida externa izquierda a arteria cerebral media izquierda con injerto de vena safena y usando la técnica ELANA. Tras realizar la apertura de la arteria receptora (tronco inferior de M2 de ACM izquierda), se produjo una disección de un segmento amplio de la misma y tuvimos que ocluirla. Nos preparamos para realizar una anastomosis latero lateral entre los dos troncos de ACM y un bypass posterior pero los potenciales evocados motores y sensitivos permanecían sin alteraciones. Tras esperar una hora decidimos no hacer nada y la paciente no tuvo problemas en el postoperatorio. Este ejemplo nos

permite ver claramente la importancia de los PESS en la cirugía de bypass.

### **2.2.2 VALORACION INTRAOPERATORIA DE LA PERMEABILIDAD**

En la mayoría de los casos hemos realizado arteriografía intraoperatoria para la valoración del bypass. Este es un método muy eficaz pero que tiene el inconveniente de precisar la cateterización de una arteria femoral o de la carótida cervical. Es necesario tener un aparato de rayos en el quirófano lo que crea falta de espacio e incomodidad.

En los últimos casos hemos usado video angiografía con indocianina(ICG). Es un método muy fácil de usar que solo precisa un microscopio quirúrgico preparado. El inconveniente es que solo permite valorar las arterias que se ven en la imagen del microscopio y no permite valorar la circulación distal.

### **2.2.3 VALORACION INTRAOPERATORIA DEL FLUJO**

La sonda de medición de flujo TRANSONIC desarrollada por el profesor Charbel es la única técnica que nos posibilita la medida directa del flujo en ml/min. Nos permite estimar las posibilidades de oclusión del bypass y calcular el déficit de flujo, es decir, el flujo que debe aportar el bypass al área que va a revascularizar. Se coloca abrazando el vaso y nos da un valor de flujo en tiempo real que se registra en la pantalla.

El inconveniente es que resulta muy difícil colocarlo en campos profundos.





FIGURA 47. Medición de flujo arterial. Colocación de la sonda de flujo sobre el vaso(fotos superiores) y pantalla del monitor que muestra la cifra de flujo en ml/min(foto inferior izquierda).

## 2.2.4 SELECCIÓN DEL INJERTO

### 2.2.4.1 ARTERIA RADIAL.

Antes de su extracción realizamos un test de Allen. Es un test muy antiguo pero muy seguro y permite valorar la circulación colateral en la mano de forma precisa. Se usa, siempre que sea posible, el brazo no dominante.

Se determina su diámetro y longitud mediante arteriografía y angioresonancia en la mayoría de los casos. En los últimos casos se ha visto que la valoración por doppler realizada por un cirujano vascular experto es suficiente para conocer la permeabilidad y el diámetro. Para valorar la longitud, los nuevos angio TC son lo más preciso.

Durante la cirugía usamos la técnica de distensión por presión para evitar el vasospasmo.

La disección de la arteria debe ser cuidadosa y se debe dejar el tejido periadventicial para evitar vasospasmo.

El diámetro de la arteria radial ha variado entre 2 -3.5 mm. Los flujos obtenidos están entre 40 y 150 ml/min. El principal problema que hemos encontrado es que, a veces, es corta (menor de 18 cm de longitud) y de diámetro pequeño (en torno a 2 mm) en su extremo distal, sobre todo en mujeres de baja estatura. En estos casos preferimos usar la vena safena.

El vasospasmo era el problema más temido cuando la arteria radial se comenzó a usar por los cirujanos cardiacos en los años 70 del pasado siglo, pero no ha sido un problema importante en nuestros casos. Es cierto que en algunos casos hemos encontrado anillos por vasoconstricción del injerto, pero esto no ha sido factor para la oclusión del mismo y, además, puede evitarse su formación mediante una técnica cuidadosa de disección y el uso de la técnica de distensión por presión.

La arteria radial se acompaña de dos venas comitantes. Algunos autores favorecen la anastomosis de las venas comitantes en el cuello pero nosotros no pensamos que esto sea necesario.

Resulta muy útil, antes de la extracción de la arteria radial, el monitorizar la saturación de oxígeno en uno de los dedos de la mano mientras se realiza una oclusión temporal de la arteria radial con un clip temporal. Nos permite comprobar la buena circulación colateral y completa la información proporcionada por el test de Allen.



FIGURA 48. Angiografía arterial radial: visualización del tronco y sus ramas.

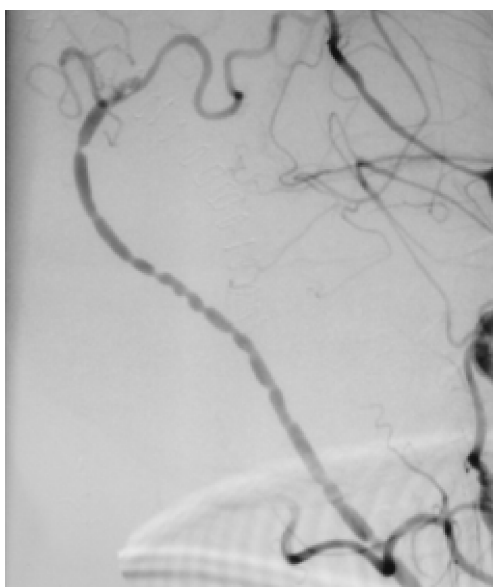


FIGURA 49. Arteriografía de carótida externa: vasoconstricción repetida en anillos del bypass.

#### **2.2.4.2 VENA SAFENA**



Figura 50. Incisión en cara interna de la pierna. Identificación de la vena safena.

La vena safena tiene un diámetro mayor y se caracteriza por la presencia de válvulas en su interior. El diámetro varía entre 2,5 mm en el extremo más distal, cerca del tobillo, a 5 mm en el muslo. Nos permite aportar grandes flujos, entre 70 y 140 ml/min. Su uso como injerto requiere anticoagulación durante el procedimiento. Tiene la ventaja de que el injerto tiene una mayor longitud. En los casos en los que se necesitan injertos largos es el vaso de elección. Es apropiado para un bypass a segmentos M2 y M3 de la arteria cerebral media, pero nosotros también lo hemos usado con éxito en el territorio M4.

#### **2.2.4.3 COLABORACION CON CIRUGIA VASCULAR**

Desde el año 2007 comenzamos a colaborar con los cirujanos vasculares para la realización de los procedimientos. Ellos se encargan de la valoración preoperatoria del injerto y durante la cirugía de la extracción del mismo, de la disección cervical y de la anastomosis proximal del injerto en los vasos cervicales.

Esta colaboración nos ha aportado beneficios al tener una mejor valoración

preoperatoria de los injertos y, sobre todo, menos carga quirúrgica, lo que nos permite ahorrar tiempo al tener la posibilidad de operar dos campos al mismo tiempo. Finalmente, nos ha permitido incorporar la extracción endoscópica de las venas que los cirujanos vasculares realizan rutinariamente.

La extracción abierta de las venas tiene más riesgos de problemas locales tales como infecciones, hematomas y defectos de cierre. La extracción endoscópica permite obtener injertos de gran calidad, por lo que se está usando cada vez con más frecuencia.

## **2.2.5 TECNICA QUIRURGICA PASO A PASO**

### **2.2.5.1 BY-PASS STA-MCA.**

El bypass de arteria temporal superficial (STA) a arteria cerebral media (ACM) fue el primero en utilizarse clínicamente a finales de los años 60 del pasado siglo. Sigue siendo una modalidad del bypass muy efectiva. Se considera un bypass de bajo flujo, pero en ocasiones puede aportar flujos altos. El factor más importante para su posible utilización es su diámetro. Consideramos que lo ideal es que sea de, al menos 2 mm de diámetro. Cuando es así, sabemos que puede irrigar sin problema todo el área de la arteria cerebral media y, a veces, todo ese hemisferio. No obstante, puede utilizarse con diámetros menores para suplir ramas de la ACM, en casos de oclusión crónica o en bypasses profilácticos. El diámetro menor de esta arteria que hemos utilizado con éxito fue de tan sólo 1 mm.

El estudio preoperatorio de la ATS lo hacemos con arteriografía convencional, aunque puede usarse también el angio TAC. Se valora también qué rama es la más apropiada para realizar el bypass, tanto por tamaño como por localización.

Preferimos realizar una incisión directa sobre la arteria que se localiza mediante palpación directa o con ayuda de un doppler. La experiencia nos ha demostrado que es suficiente con la palpación del pulso de la arteria a través de la piel. En los casos en los que tengamos que utilizar las dos ramas de la ATS para el bypass, se debe realizar un colgajo tradicional en interrogación invertida y posteriormente disecar las ramas.

Para la disección de la arteria usa la técnica de disección con un bisturí eléctrico con punta de colorado que permite una disección muy rápida, muy segura y sin sangrado durante la misma. Durante la dirección se deja un margen de tejido alrededor de la arteria y no tratamos de pelarla para no poner en riesgo la misma al coagular las colaterales. No obstante, en casos en los que se necesita más longitud, es necesario liberar la arteria de este tejido que la rodea para que permita estirla. Una vez que se ha disecado completamente la arteria de distal a proximal, se protege con una gasa con suero salino heparinizado y se desplaza anteriormente sin cortarla todavía.

Si se precisa, se amplía la incisión de la piel con una incisión transversa dirigida hacia atrás que se origina en el punto medio de la incisión anterior. El objetivo es centrar la craneotomía sobre la arteria receptora que se ha seleccionado en la arteriografía. Se realiza la apertura de musculo temporal, seguida de la craneotomía y la apertura dural, teniendo en cuenta la entrada de la ATS para no ocluirla en el cierre. Una vez localizada la arteria receptora, se procede a la preparación de la misma con sección y coagulación de las pequeñas ramitas corticales de la misma en el segmento elegido. Se Coloca una alfombra rectangular de latex u otro material y se protege el cerebro de alrededor con espongostan. Una

vez preparada la arteria receptora, se procede a la sección de la arteria radial en su extremo distal. Se comprueba el flujo en la misma y se coloca un clip temporal en su porción proximal. Se lava el interior de la porción distal de la arteria con suero heparinizado y se prepara el extremo distal para la anastomosis. Se extirpamos el tejido periadventicial del extremo distal de la arteria y se corta el extremo distal con un ángulo de 45 grados. Si se precisa, se puede hacer una incisión longitudinal creando una “boca de pez” para ampliar esta incisión. Se marca con un rotulador el segmento del vaso receptor en el que se va a realizar la incisión. Esto se inicia con un bisturí fino de oftalmología o con una pequeña aguja de 27G. Se completa la misma con las microtijeras más finas de las que dispongamos. La anastomosis se realiza con puntos sueltos de 9/0 o 10/0. Se comienza por la cara más difícil. Preferimos pasar las suturas y anudar todos los puntos al final para ver bien los bordes. Luego se pasa a la cara más fácil y se emplea la misma técnica. Se usa lavado constante con suero con heparina durante todo el procedimiento. Antes de anudar el último punto, se libera el clip de la ATS para purgar los vasos. Se lava con suero tras reponer el clip y luego se sueltan los clips de la arteria receptora, primero el distal y luego el proximal. Tras comprobar el buen funcionamiento de la anastomosis con el medidor de flujo (TRANSONIC), se protege la sutura con material hemostático tras aplicar previamente papaverina local. A continuación se procede al cierre, debiendo dejar un canal en la dura, el hueso y el músculo para la salida de la arteria.



FIGURA 51. Incisión sobre la arteria temporal superficial.

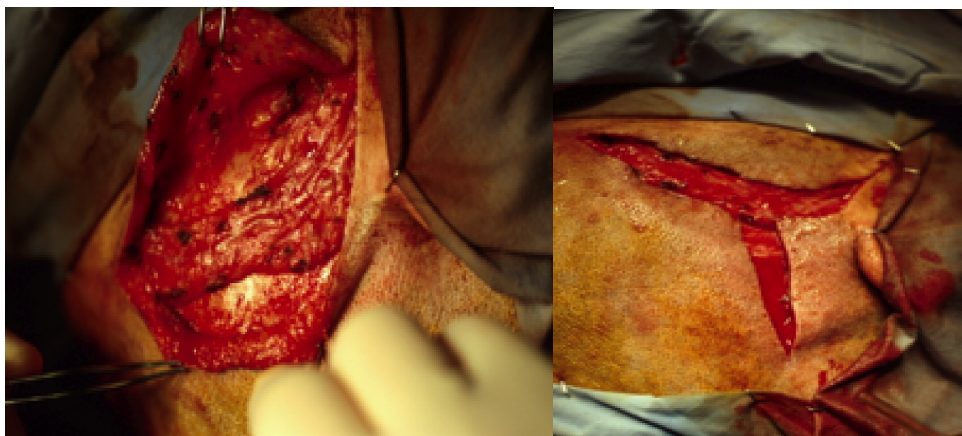


FIGURA 52. Disección de la arteria sobre la línea marcada. Se deja un margen de tejido alrededor de la arteria (izquierda). Ampliación de la incisión posteriormente para hacer la craneotomía centrada sobre el vaso receptor (derecha).



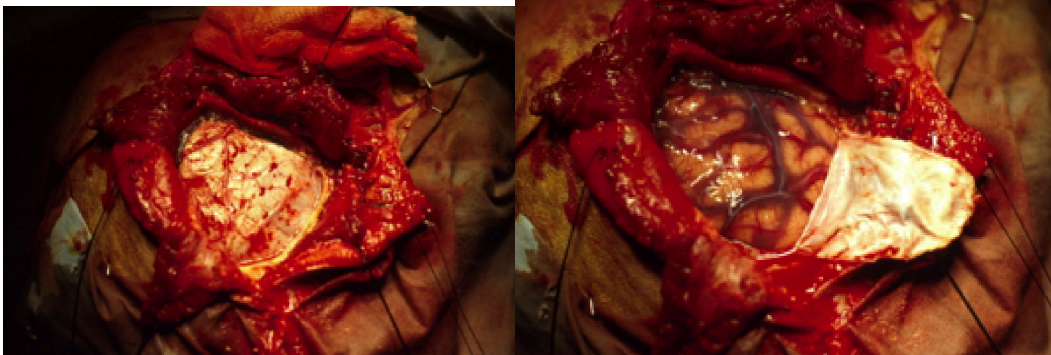


FIGURA 53. . Apertura de musculo temporal, seguido de craneotomía y apertura dural teniendo en cuenta la entrada de la ATS para no ocluirlo en el cierre

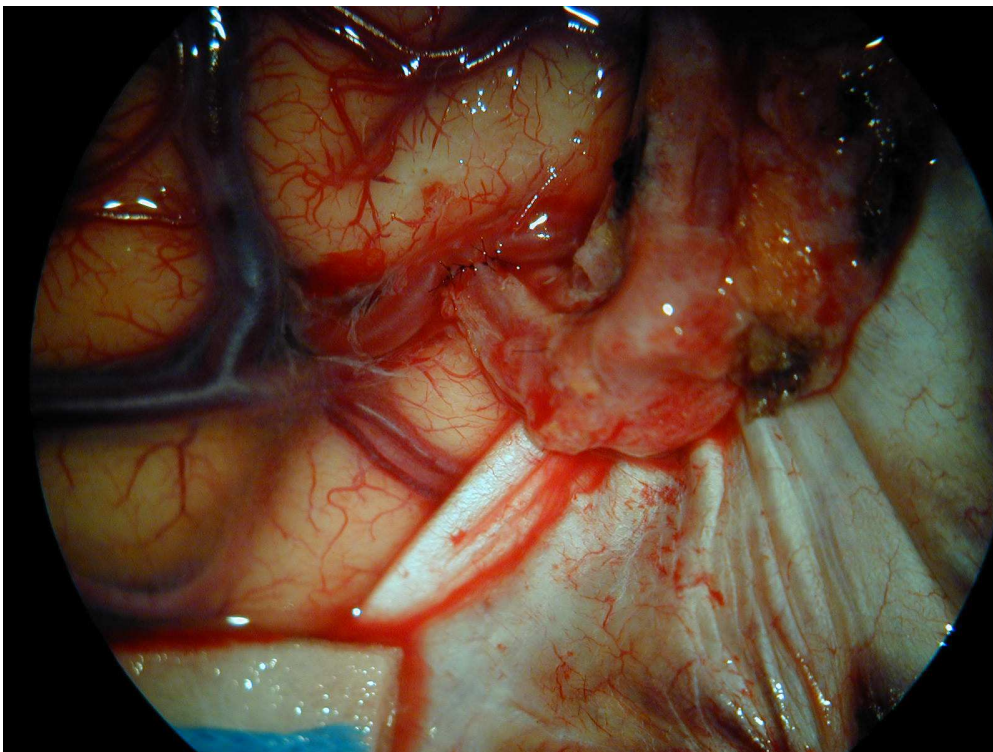


FIGURA 54. Resultado final con el bypass finalizado. Se realiza con sutura de 10/0 (puede usarse 9/0) con puntos sueltos. La orientación de la arteria es hacia la circulación proximal.

### **2.2.5.2 BY-PASS DE ALTO FLUJO**

Se ha sistematizado la cirugía de bypass extra intracraneal de alto flujo en siete pasos:

- 1- Craneotomía y preparación del injerto al mismo tiempo.
- 2- Disección cervical y preparación del vaso donante en el cuello.
- 3- Disección intradural.
- 4- Creación del túnel subcutáneo.
- 5- Extracción del injerto.
- 6- Anastomosis del injerto y paso del mismo por el túnel.
- 7- Cierre.

#### **2.2.5.2.1 CRANEOTOMÍA Y PREPARACIÓN DEL INJERTO.**

Se comienza a trabajar en dos campos. Por un lado, los neurocirujanos realizan la craneotomía y por otro los cirujanos vasculares disecan y preparan la arteria radial o vena safena según el caso. El injerto se deja en su sitio cubierto con compresas húmedas para minimizar en lo posible el tiempo entre la extracción y la implantación.

Para la disección del injerto arterial es muy útil y segura la técnica de disección con coagulación monopolar con la punta de Colorado. Es importante no tratar de pelar el vaso, siendo mejor dejar tejido periadvencicial para evitar el vasospasmo y poder controlar mejor los vasos colaterales sin estenotar el injerto.

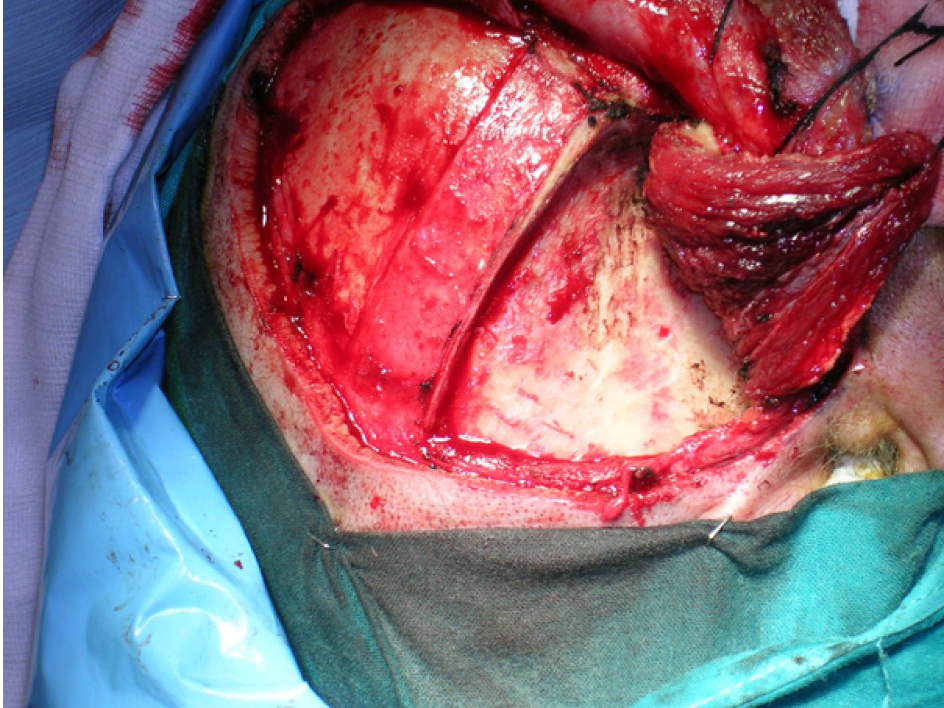


FIGURA 55. Despegamiento del músculo temporal del hueso

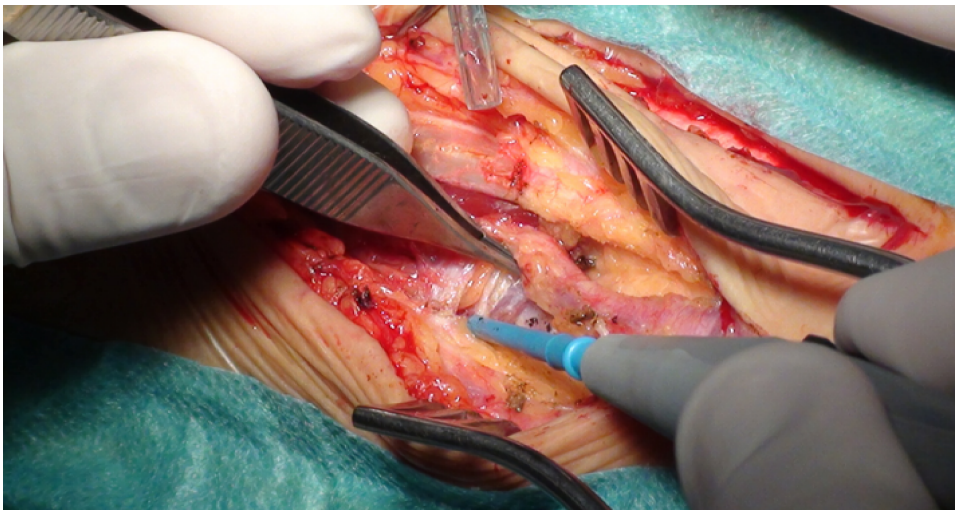


FIGURA 56. Identificación de arteria radial en el antebrazo con disección progresiva de la misma hasta conseguir aislar un segmento de la misma.



#### **2.2.5.2.2 DISECCIÓN CERVICAL Y PREPARACION DEL VASO DONANTE.**

Para la disección cervical se puede usar una incisión longitudinal sobre el borde anterior del músculo esternocleidomastoideo o una incisión transversal centrada a nivel de la bifurcación. En la mayoría de los casos el vaso seleccionado es la arteria carótida externa. Se dejan controladas las arterias carótida común e interna con tiras de goma y las ramas de la carótida externa con suturas. Se selecciona el punto de la arteria donde se va a hacer la anastomosis del injerto. Se retiran los separadores y se cubre el campo con compresas húmedas durante los siguientes pasos hasta la anastomosis.

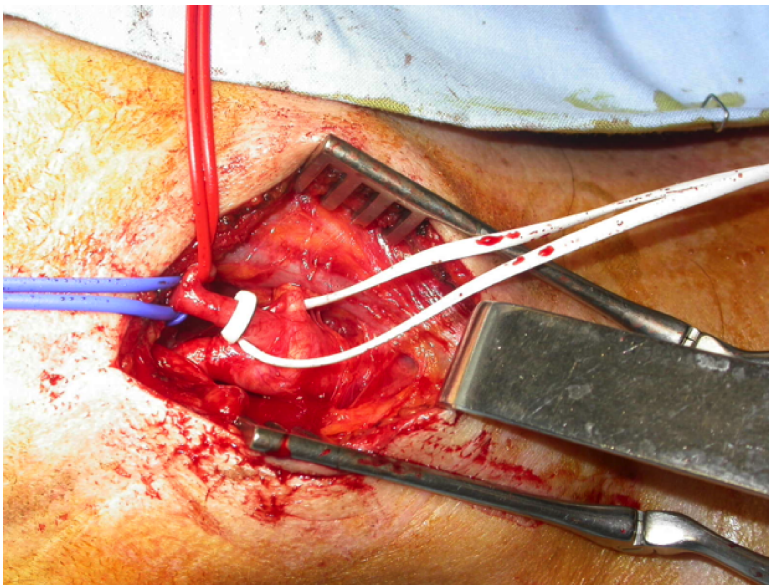


FIGURA 57. Incisión anterolateral cervical con disección de la arteria carótida común, interna y externa con sus ramas.

#### **2.2.5.2.3 DISECCIÓN INTRADURAL.**

Se realiza apertura microquirúrgica de las cisternas hasta exponer el

aneurisma y la arteria receptora del bypass. Se elige una arteria que sea adecuada y accesible para realizar la anastomosis sin muchas complicaciones de espacio. Se existen dudas en cuanto a las posibilidades de clipaje del aneurisma, preferimos no realizar la preparación del injerto en el paso 1 y sólo hacerlo si, tras la disección intradural, el aneurisma no puede ser clipado.

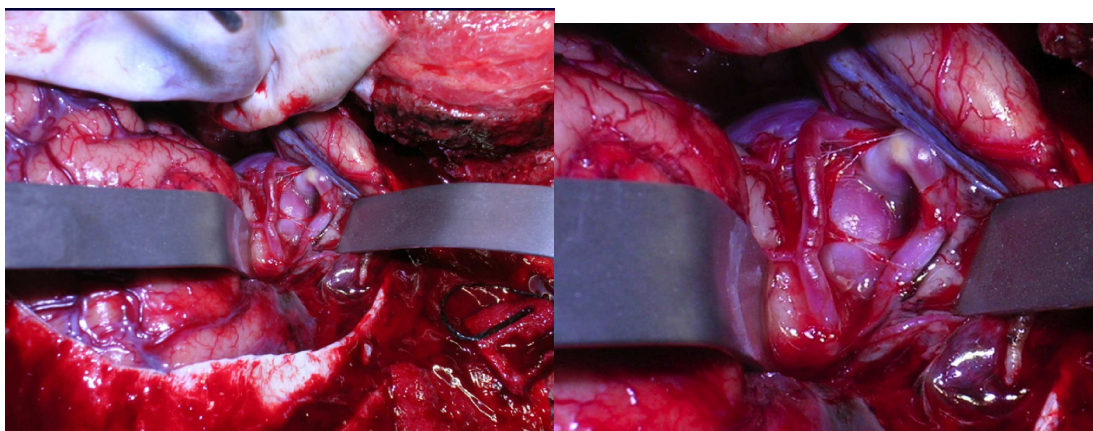


FIGURA 58. En la disección intradural realizamos una exposición amplia de las cisternas para poder tener una buena exposición sin la ayuda de separadores. Estudiamos el aneurisma y las ramas que nos pueden servir como arteria receptora del bypass. Seleccionamos una y la dejamos preparada para la anastomosis.

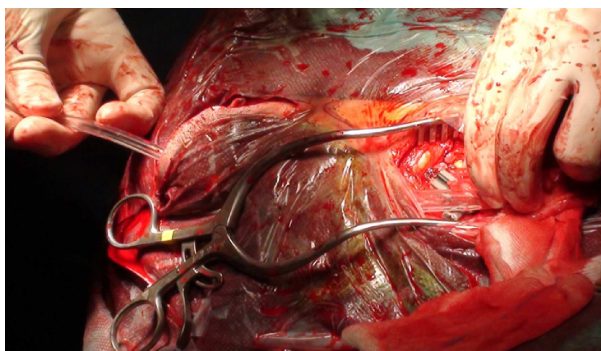
#### **2.2.5.2.4 CREACIÓN DEL TUNEL SUBCUTANEO.**

En la mayoría de los casos se ha realizado la tunelización con tubos de tórax del 18-24F. Es preferible dejarlo preparado en este momento, y no al final, para dar tiempo a que se produzca hemostasia en el interior del túnel. Los sangrados en el interior del túnel subcutáneo pueden ocluir el injerto y dificultan la valoración postoperatoria del mismo.

El túnel puede realizarse con pinzas hemostáticas e incluso con los dedos. Es mejor hacerlo amplio. Se rellenan con agentes hemostáticos (que luego lavaremos

antes de pasar el injerto) y se deja una guía para el injerto como una sutura o un drenaje de Penrose.

El túnel puede realizarse o bien por delante o por detrás del pabellón auricular. Esto depende de la localización del vaso receptor que se ha seleccionado en el paso 3. Si es anterior realizamos el túnel por delante y si es posterior por detrás de la oreja.



**FIGURA 59.** Tunelización del injerto. Es importante dejar preparado el túnel subcutáneo en la fase 4 porque permite dar tiempo para que haga hemostasia antes de pasar el injerto. El túnel se puede crear con un tubo de torax, clamps vasculares o con los dedos.

#### **2.2.5.2.5 EXTRACCIÓN DEL INJERTO.**

##### **2.2.5.2.5.1 ARTERIA RADIAL.**

Antes de la extracción de la arteria radial medimos la saturación de oxígeno en un dedo de la mano durante el clipaje temporal de la misma. Se marca una línea azul sobre la arteria para que nos sirva de referencia y así evitar torsiones de la misma. Se ligan las arterias colaterales con suturas de 6/0 mejor que con clips ya que estos tienden a desprenderse al pasar la arteria por el túnel y, además, provocan artefacto en las pruebas radiológicas posteriores. Se extrae la arteria y la depositamos en una cápsula con suero con heparina y bloqueantes de canales del calcio (previenen el vasospasmo). Posteriormente se realiza la dilatación por presión. Para ello se introduce suero con una jeringa de 10 cc por uno de los

extremos de la arteria y se cierra el otro extremo. Se introduce suero a presión hasta que la arteria se dilata. Esta maniobra nos permite valorar fugas por las colaterales arteriales. A continuación se deposita la arteria en la cápsula hasta que se use en la anastomosis.

#### **2.2.5.2.5.2 VENA SAFENA.**

La extracción de la vena es similar a la de la arteria radial pero en este caso debemos asegurarnos que la posición es la correcta. El extremo distal en la pierna será el distal (cerebral) en el bypass y el proximal en la pierna es el proximal en el bypass(cervical). Esto sólo puede ser de esta forma por la presencia de válvulas en el interior de la vena safena que sólo permiten el flujo en una dirección.

Es importante marcar la lineal azul con rotulador a lo largo de la vena para evitar torsiones de la misma al tunelizar. Seligan las colaterales con suturas de 6/0. Tras la extracción se introduce en una cápsula con heparina, no siendo necesarios los bloqueantes de los canales del calcio como en la arteria radial.



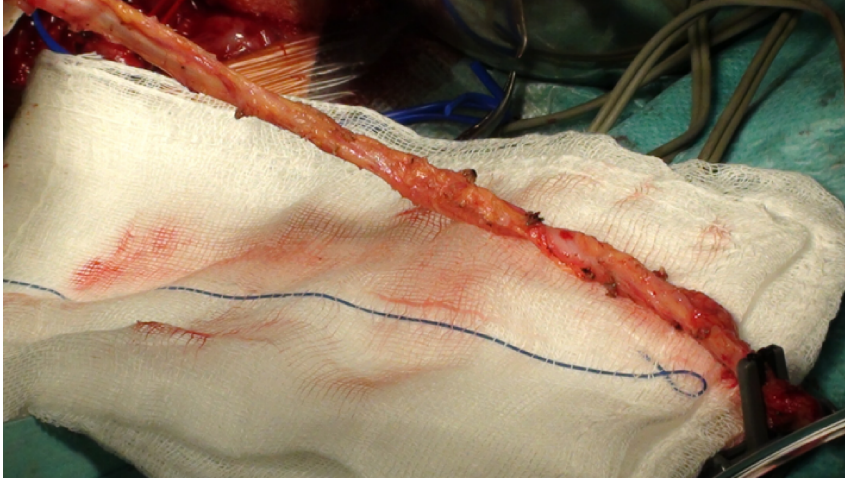


FIGURA 60. Antes de extraer la arteria , medimos la saturación en uno de los dedos de la mano con un pulsiosimetro. Luego marcamos la arteria con un rotulador azul y ligamos con suturas las ramas.

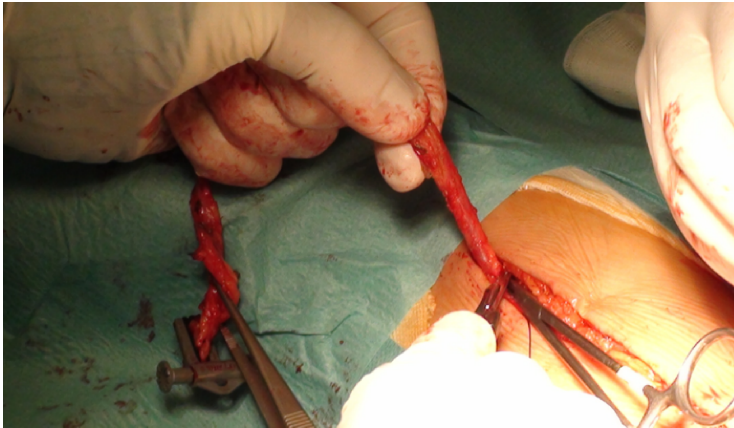


FIGURA 61.  
Extracción de la arteria radial.



FIGURA 62. Colocación de la arteria radial en una cápsula con suero heparinizado con bloqueantes de los canales de calcio.



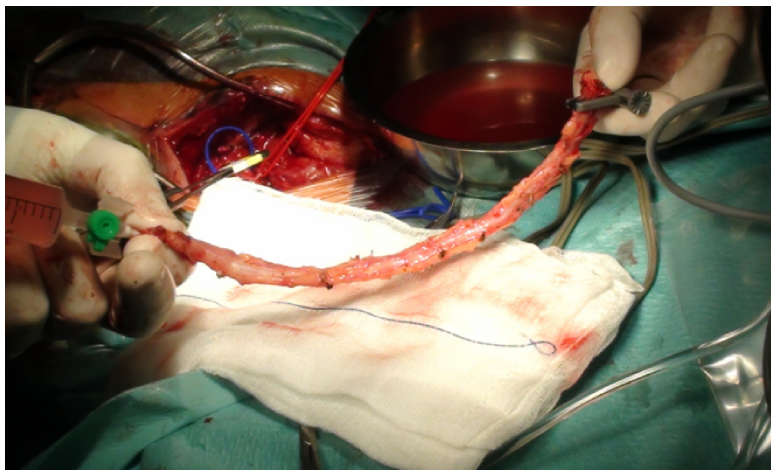


FIGURA 63.  
Técnica de  
distensión con  
balón de la  
arteria radial.  
Oclusión de un  
extremo de la  
misma e  
inyección por  
el opuesto de  
suero  
heparinizado a  
presión.

#### **2.2.5.2.6 ANASTOMOSIS DEL INJERTO Y PASO DEL MISMO POR EL TUNEL.**

##### **¿QUÉ ANASTOMOSIS SE REALIZA EN PRIMER LUGAR?.**

Siempre que se usa un injerto arterial se realiza la anastomosis distal en primer lugar porque permite mayor comodidad en la realización de la anastomosis más difícil.

Con los injertos venosos se prefiere realizar la anastomosis proximal en primer lugar porque, debido a la presencia de válvulas en el interior de la vena, resulta muy difícil extraer un coagulo desde el extremo proximal.

##### **2.2.5.2.6.1 ANASTOMOSIS DISTAL.**

Ya se ha seleccionado y preparado el lugar para la anastomosis en el paso 3.

Antes de empezar la anastomosis hay que estar muy cómodos para llevarla a cabo adecuadamente. Se prepara la estrategia y se visualizan los pasos de la anastomosis antes de poner los clips temporales. Se prepara el extremo distal del injerto. Se coloca una alfombra protectora por debajo del vaso receptor que permite proteger el cerebro por debajo del vaso durante la anastomosis y al mismo

tiempo movilizar el vaso para, traccionando suavemente de los extremos de este rectángulo de material, elevarlo a una posición más superficial para la sutura. La alfombra protectora debe ser más estrecha en uno de sus extremos para que pase fácilmente por debajo del vaso. Debe cortarse de acuerdo con las medidas del segmento de vaso receptor preparado. El resto del cerebro expuesto se protege con espongostan húmedo para evitar daños o sequedad en el cerebro durante la anastomosis. Se marca la línea de arteriotomía en el vaso receptor con un rotulador de color azul para diferenciar bien las paredes anterior y posterior durante la sutura y, también, para distinguir el interior del exterior del vaso. Las paredes de los vasos intracraneales son tan finas que son translúcidas cuando están vacías de sangre, y por eso es importante realizar este trabajo.

Las suturas utilizadas son de 10/0 para el segmento M4 (vasos menores de 2 mm de diámetro) y de 8/0 ó 9/0 para los segmentos M2 y M3 de la arteria cerebral media.

El hilo usado ha sido el nylon de Ethilon. Para campos profundos usamos el Prolene que tiene la ventaja sobre el anterior de no adherirse en campos mojados.

Lo más importante es el diámetro, la forma y la sección de la aguja. Debemos evitar el usar hilos largos. En una sutura continua, la longitud del hilo debe ser 10 veces la longitud de la incisión en el vaso receptor. En los vasos más pequeños, sobre todo en el segmento M4, se recomienda usar puntos sueltos. En primer lugar se dan los puntos sin apretar y al final y los anudamos todos para ver mejor los bordes. En los segmentos M2 y M3 se recomienda la sutura continua. Se prepara en “paracaídas” y sólo se tensa toda la sutura al final para tener un mayor

control. El principio fundamental es que la intima de la arteria receptora se ponga perfectamente con la intima del injerto. Hay que ser muy precisos para conseguirlo porque la arteria cerebral tiene una pared mucho más delgada que el injerto ya que tiene una capa media muy fina. Se deben evitar los retractores en la medida de lo posible, pero, hay que tener en cuenta que durante la anastomosis necesitamos nuestras dos manos libres por lo que resultan muy útiles en ocasiones. Es muy importante el trabajo en equipo por dos personas experimentadas. El ayudante ayuda a mantener el campo limpio durante la anastomosis, y mantiene húmedo el mismo pero sin sangre. La sangre durante la anastomosis aumenta el riesgo de trombosis de la misma.

Primero realizamos el lado más difícil y luego el más fácil de la anastomosis. Es cierto que la realización del fácil en primer lugar hace más fácil la sutura del lado difícil pero lo más razonable es hacer el difícil primero.

Antes de anudar la segunda de las caras, lavamos bien el punto de anastomosis para evacuar los posibles coágulos de los vasos. Después se sueltan los clips temporales por este orden, primero el distal y luego el proximal.

Si se trata de un injerto venoso y ya hemos realizado previamente la anastomosis proximal, hacemos la purga de la anastomosis antes de tensar el último punto y, tras retirar los clips proximal y distal, se retira el clip temporal de la vena safena.

Si se trata de un injerto arterial y esta es la primera anastomosis, se purga la sangre a través del injerto. Se comprueba que sale sangre por el extremo proximal del injerto y luego se coloca un clipen el mismo lo más cerca posible de la anastomosis distal. Posteriormente se lavan con salino heparinizado y

bloqueantes de canales del calcio el resto del injerto y se pone un clip en el extremo proximal para que esté lleno de líquido durante la tunelización.

Se pasa, entonces el injerto por el túnel que se ha creado en el paso 4 y se lleva el extremo proximal al cuello para realizar la anastomosis proximal.

#### **2.2.5.2.6.2 ANASTOMOSIS PROXIMAL.**

Con injertos de arteria radial el vaso receptor en el cuello es la arteria carótida externa o sus ramas. En casos de bifurcaciones altas hemos usado la carótida común.

Con injertos de vena se usa la carótida común o la carótida externa como vasos donantes. La ventaja de la carótida común, es que se evita el acodamiento que se produce en algunos casos en los que se anastomosa a la carótida externa.

La anastomosis termino lateral es la primera elección. Se ha usado la término-lateral en anastomosis a la arteria carótida externa distal en casos de injerto de arteria radial y en anastomosis a la ECA proximal en casos de injerto de vena safena.

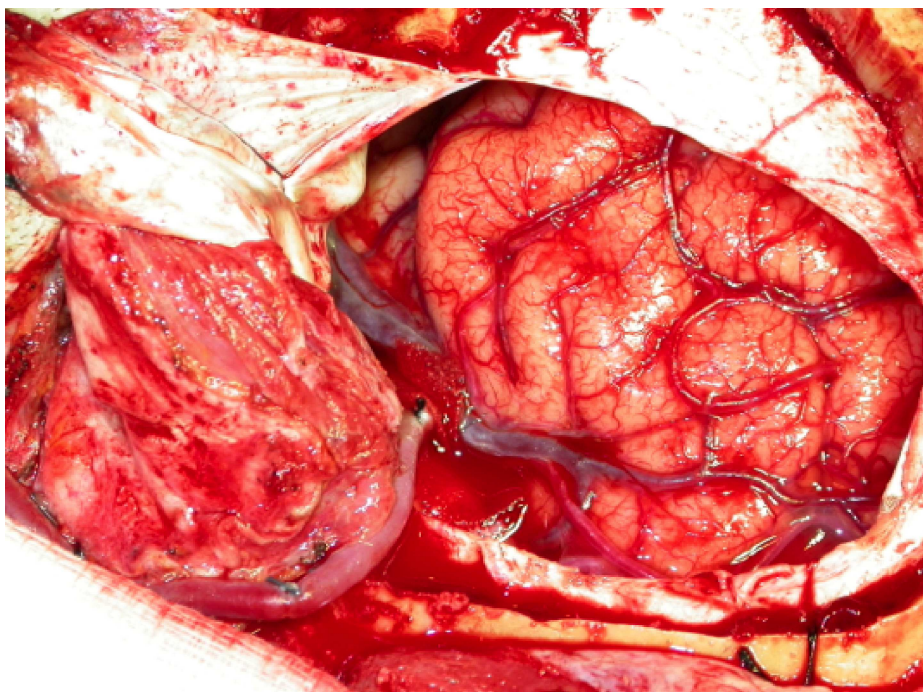


FIGURA 64. ANASTOMOSIS DISTAL. Anastomosis término-lateral en cerebro con injerto de arteria radial.



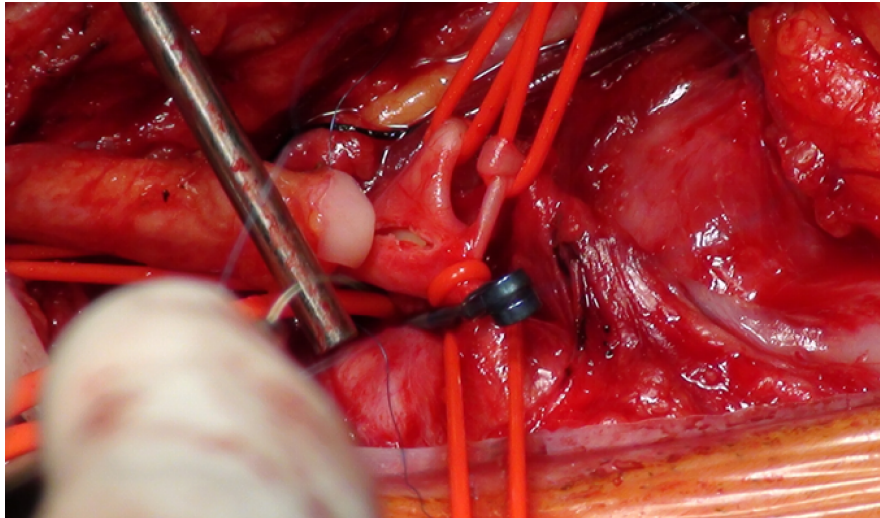


FIGURA 65. ANASTOMOSIS PROXIMAL.

FOTO SUPERIOR.- Control proximal y distal de las ramas de la ECA. Arteriotomía lineal en la misma para anastomosar a la parte proximal (de mayor diámetro) de la arteria radial.

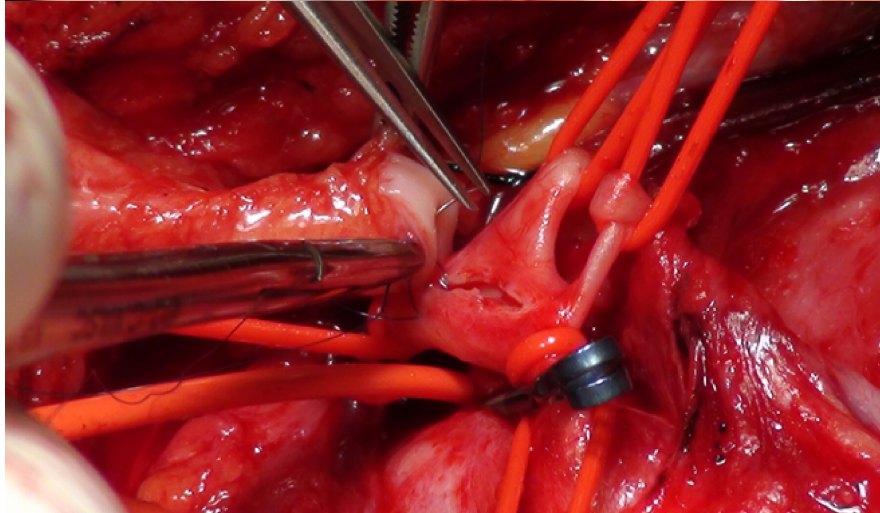


FOTO CENTRAL.- Sutura continua de la arteria radial a la arteria carótida externa.

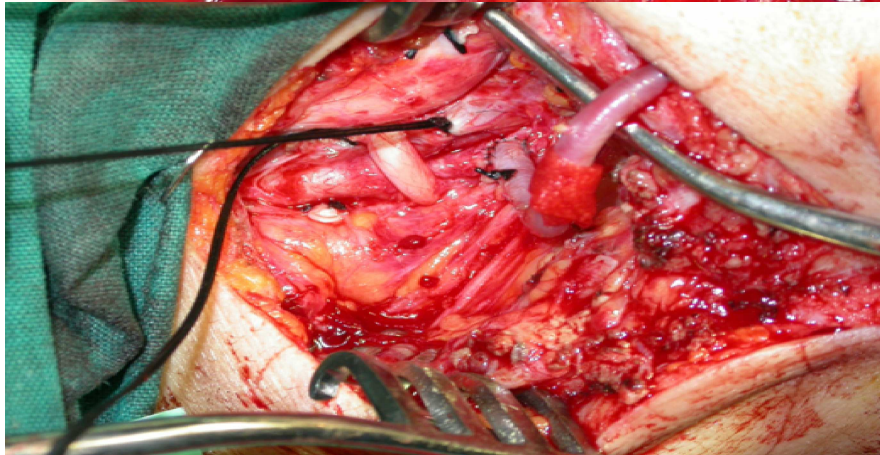


FOTO INFERIOR.- Anastomosis término-lateral finalizada.

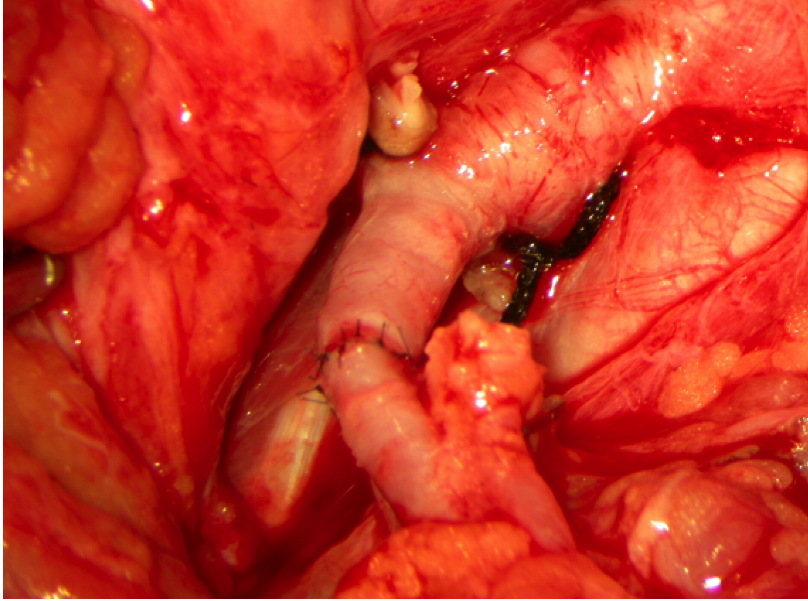


FIGURA 66. Anastomosis término-terminal de arteria radial a arteria carótida externa en el cuello.

#### **2.2.5.2.7 CIERRE.**

El cierre es muy importante y tiene dos principales objetivos:

- 1- Evitar hematomas en el lecho que hagan presión sobre el bypass y favorezcan su oclusión.
- 2- Asegurarnos de que se crea un canal suficiente en el hueso craneal para evitar que se comprima el injerto contra los bordes de la craneotomía.



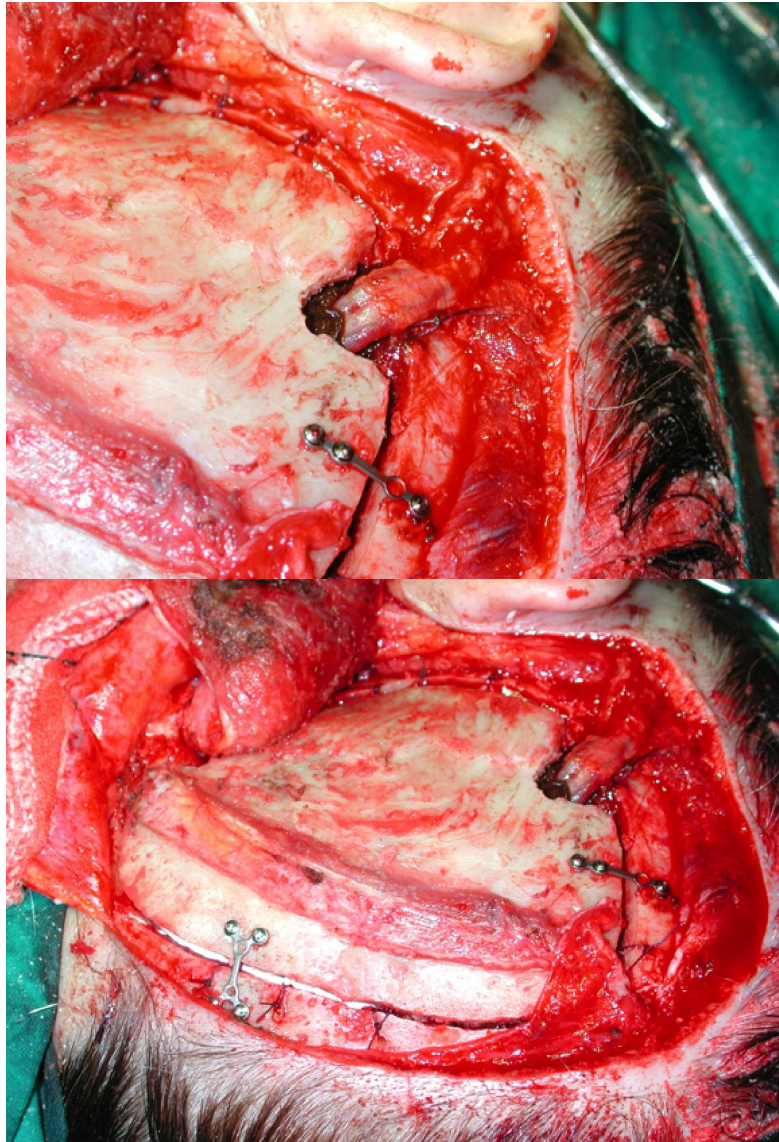


FIGURA 67. CIERRE CRANEAL.

Ampliación de la fenestración ósea para el paso holgado del injerto. Se evita colocar miniplacas en la porción inferior del colgajo óseo para evitar la compresión del injerto. El canal en el hueso debe ser amplio.



### 3. BY-PASS NO FUNCIONANTE. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN.

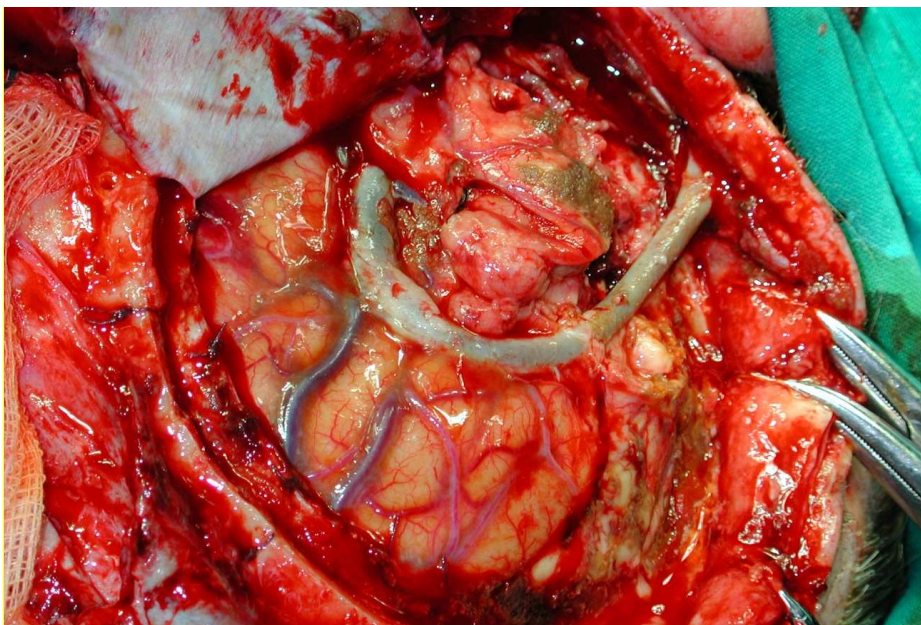


FIGURA 68. Bypass de vena safena trombosado.

Entendemos que un bypass no funciona correctamente no sólo cuando no tiene flujo si no cuando el flujo que proporciona es insuficiente.

Esta situación puede deberse sólo a dos razones:

- 1- Flujo contralateral suficiente.
- 2- Coágulo en la anastomosis proximal, en el injerto o en la anastomosis distal.

Hemos tenido cuatro casos en nuestra serie en los que detectamos en quirófano que el bypass no funcionaba correctamente. Para la valoración del funcionamiento del bypass nos basamos en la arteriografía intraoperatoria y en la medición de flujo (TRANSONIC). En los cuatro casos se pudo solucionar el

problema y los bypasses funcionaron correctamente tras la revisión. Basándonos en la experiencia de esos cuatro casos hemos elaborado un protocolo de actuación para el manejo intraoperatorio del bypass que no funciona correctamente. Lo primero que hacemos tras detectar un mal funcionamiento del bypass es anticoagular al paciente si no lo estaba previamente.

Tras la realización del bypass pueden darse **las siguientes situaciones:**

1- **El bypass funciona correctamente.** En la arteriografía vemos todo el injerto y las mediciones de flujo son adecuadas (Fig.69).

2- **No se obtiene flujo ni se ve el injerto en la arteriografía intraoperatoria.** El bypass parece funcionar a la inspección visual, tiene buen color y buen latido pero en la arteriografía no vemos el injerto y no medimos ningún flujo a través del mismo con la sonda TRANSONIC. Esto puede deberse a una competencia de flujos con la circulación cerebral distal o a una oclusión proximal del injerto (Fig.70).

Para descartar la competencia de flujos, se ocluye proximalmente la circulación distal con un clip temporal para valorar si el bypass funciona una vez suprimida la competencia de flujos. Si en este momento se consigue un flujo suficiente, se mantiene la oclusión 30 minutos con monitorización neurofisiológica. Si no hay ningún cambio y el bypass sigue funcionando transcurrido ese tiempo, se procede a la oclusión definitiva y se inicia el cierre. Es altamente improbable que se ocluya un bypass que ha pasado este test de oclusión distal (Fig. 71).

Si, tras realizar la oclusión transitoria de la circulación distal no se ve el bypass en la arteriografía y no se obtiene flujo a través del injerto, lo más plausible es que exista una oclusión en la anastomosis proximal o un coágulo en la parte

proximal del bypass. En este momento se anticoagula al paciente si no lo estaba ya, y se hace una pequeña incisión en la pared del injerto para tratar de purgar los posibles trombos en su interior. Se usa irrigación con suero salino heparinizado, y se pueden usar balones de Fogarty y se va midiendo el flujo hasta que se consigue un flujo adecuado. Si seguimos sin tener flujo, entonces tenemos que rehacer la anastomosis proximal. Tratamos de trabajar siempre en el injerto y no en los vasos donante o receptor. Colocamos un clip en la parte más proximal del injerto cortamos el mismo justo por encima del clip y hacemos la anastomosis en otro punto de la arteria donante o incluso podemos buscar otra arteria donante.

**3-Si tenemos un flujo invertido o no tenemos flujo.** Puede ser provocado por problemas en la orientación del injerto o a un acodamiento (kinking del mismo) o a un fallo en la anastomosis proximal.

En este caso se mide el flujo mientras se cambia de orientación el injerto. Si se obtiene mejoría en una posición, se deja fijo en esa posición. Para ello, suele ser necesario cortar el injerto y acortarlo haciendo una anastomosis termino terminal. Si no se obtiene mejoría del flujo a pesar de la movilización del injerto, entonces se asume que el problema está en la anastomosis proximal y se rehace.

**4- No medimos flujo y sólo vemos en la arteriografía intraoperatoria la parte proximal del injerto.**

La causa es un trombo en la parte distal del injerto o en la anastomosis distal. En este caso se trata de purgar el injerto mediante una apertura en la porción distal del mismo. Es importante ocluir la porción distal del injerto hasta extirpar el trombo para no mandar émbolos a la circulación cerebral. La apertura se hace en la porción distal del injerto y se trabaja hacia proximal. Tras extirpar el trombo y

lavar el vaso, se retira el clip distal y se coloca uno en la porción más proximal del injerto. Si se obtiene flujo retrogrado, entonces se lava bien, se cierra la incisión en el injerto y se retira el clip proximal del injerto. Si el flujo es correcto, se realiza el test de oclusión 30 minutos y, si todo funciona, se cierra.

Si se sigue sin tener flujo, se asume que el problema está en la anastomosis distal. Se coloca un clip en el extremo distal del injerto muy cerca de la anastomosis, se corta en el injerto proximal al clip y se rehace la anastomosis distal en otro punto de la arteria receptora.

Si a pesar de estas maniobras no se obtiene flujo en el bypass, se cierra y se deja para otra ocasión, destacando que al paciente no se le ha causado ningún daño en ningún momento.

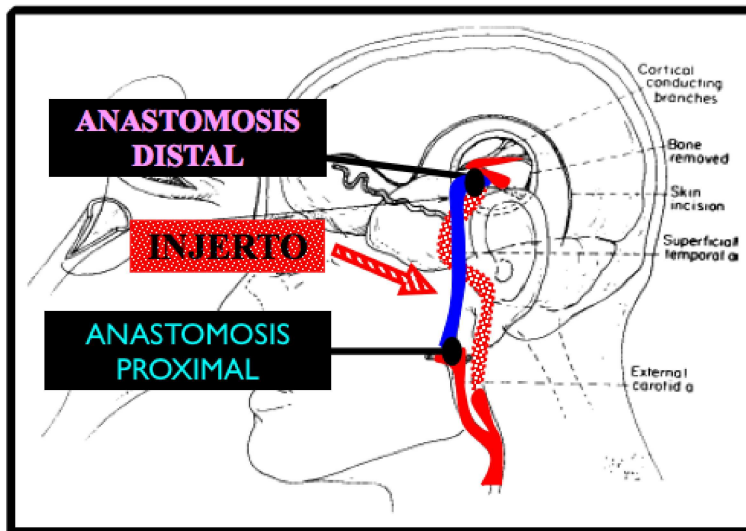


FIGURA 69. SITUACION NORMAL. EL BYPASS FUNCIONA CORRECTAMENTE. En la arteriografía intraoperatoria vemos todo el injerto y las circulaciones proximal y distal. La medición directa de flujo (TRANSONIC) nos da valores

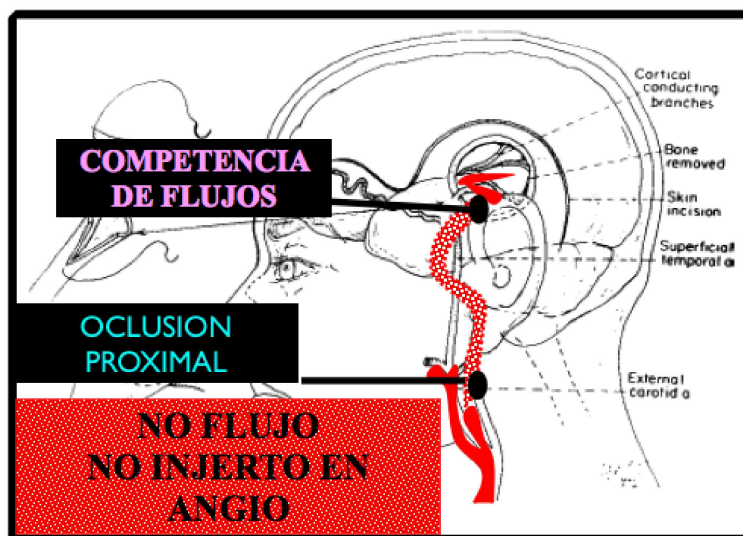


FIGURA 70. BYPASS NO FUNCIONA. NO SE OBTIENE FLUJO NI SE VE EL INJERTO EN LA ARTERIOGRAFÍA INTRAOPERATORIA. Puede deberse a competencia de flujos o a una oclusión proximal del injerto.

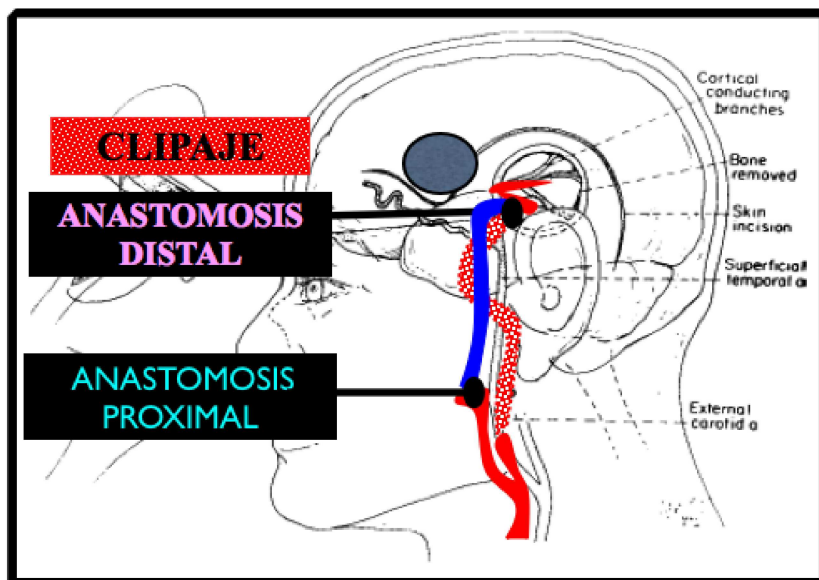


FIGURA 71. TRAS LA OCLUSIÓN TRANSITORIA DE LA CIRCULACIÓN DISTAL VEMOS UNA SITUACIÓN NORMAL.

Se mide un flujo adecuado a través del injerto y vemos todo el injertos y la circulación proximal y distal en la arteriografía intraoperatoria. El problema es la competencia de flujos con la circulación distal.

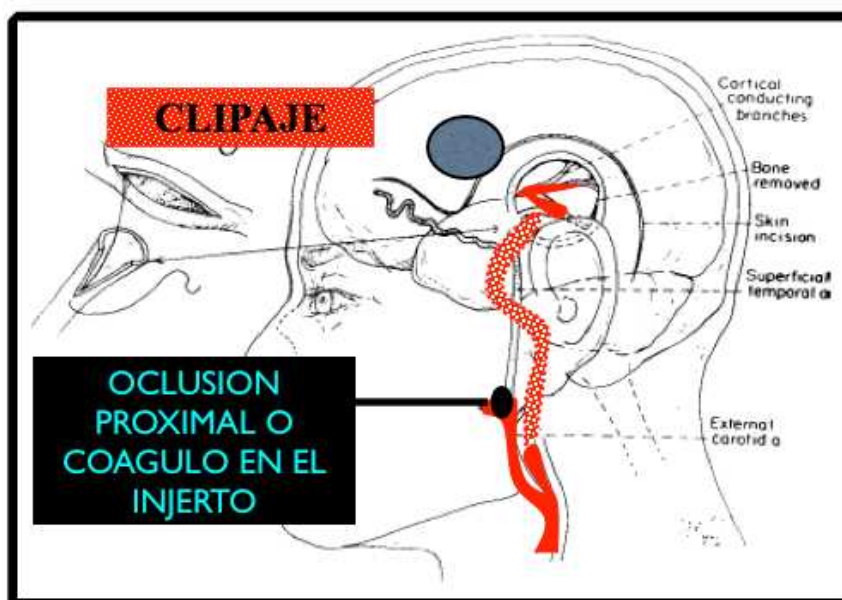


FIGURA 72. TRAS UNA OCLUSIÓN TRANSITORIA DE LA CIRCULACIÓN DISTAL SE SIGUE SIN MEDIR FLUJO NI VER EL INJERTO EN LA ANGIOGRAFÍA. Se trata de una oclusión en la anastomosis proximal o un coágulo en la porción más proximal del injerto.

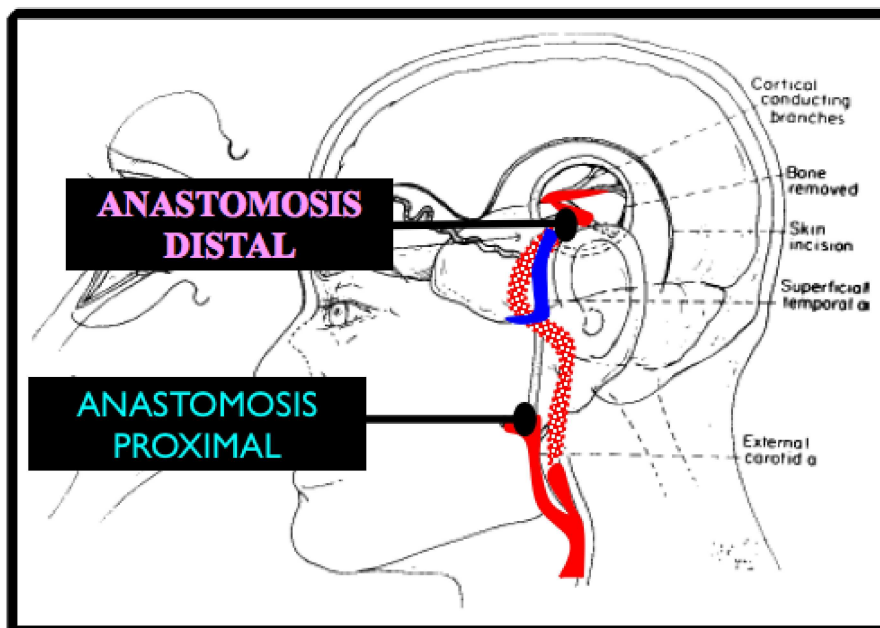


FIGURA 73. FLUJO RETROGRADO EN EL INJERTO EN ARTERIOGRAFIA INTRA-OPERATORIA. Puede ser debidos a problemas de acodamiento del injerto o a una oclusión proximal.

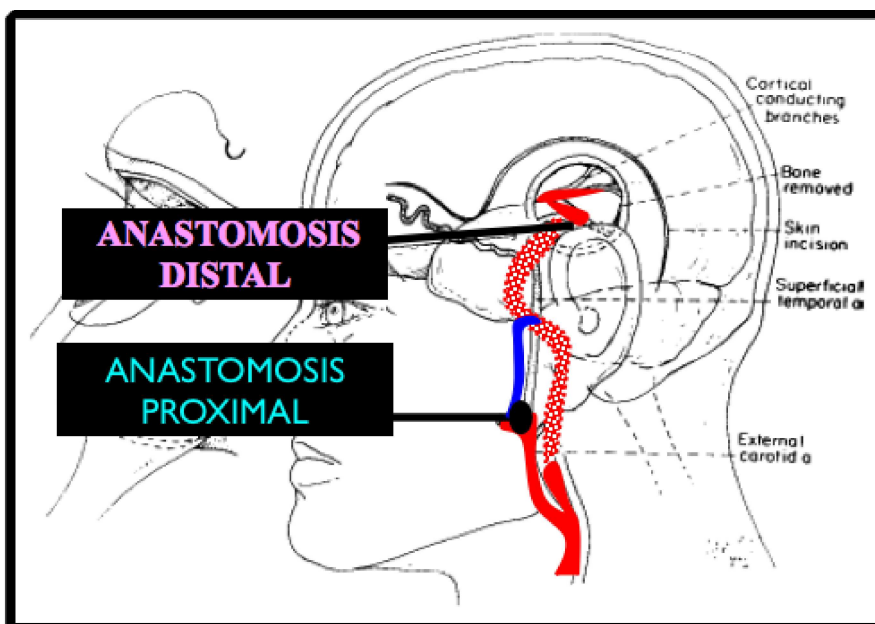


FIGURA 74. NO SE MIDE FLUJO EN EL INJERTO Y EN LA ARTERIOGRAFIA SÓLO SE VE LA PARTE PROXIMAL DEL INJERTO. Se debe a un trombo en la porción distal o a una oclusión de la anastomosis distal.



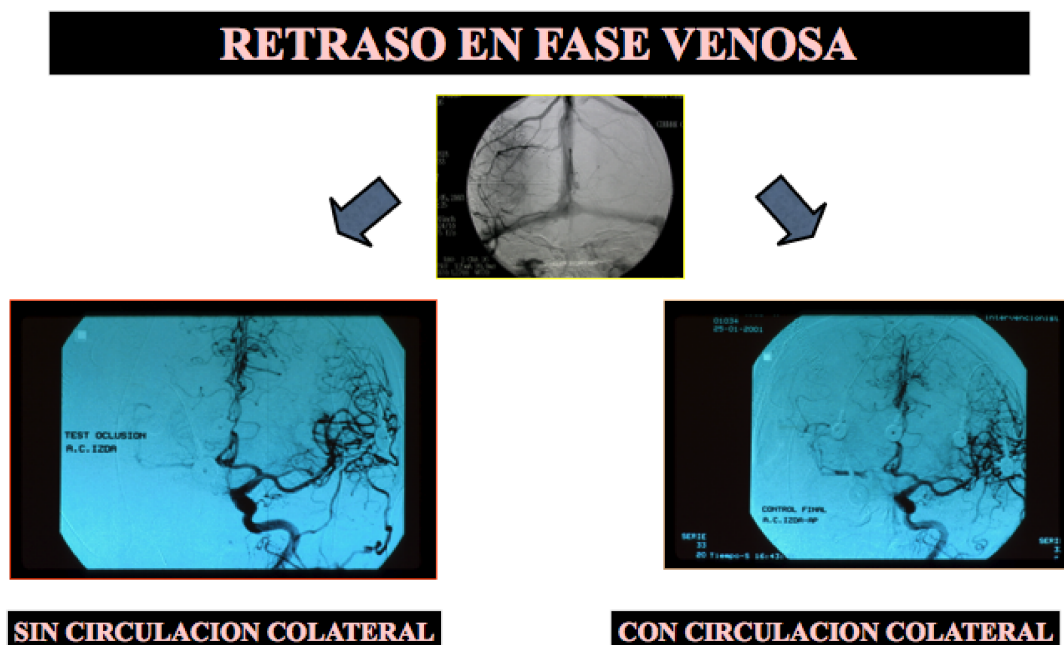
#### 4. TEST DE OCLUSION CON BALON (BTO)

Cuando se planea la oclusión carotídea, se debe realizar un test de oclusión con balón (BTO) para valorar la circulación colateral y la tolerancia del paciente a la oclusión. Utilizando la técnica endovascular, se coloca un balón en la arteria carótida interna ipsilateral y se valora la respuesta clínica, angiográfica y neurofisiológica del paciente. El factor crucial que nosotros consideramos es la asimetría en los tiempos de drenaje venoso entre los hemisferios. Cuando hay asimetría, se considera que el paciente no tolera el test de oclusión.

Se divide estos pacientes en dos grupos:

- 1- Sin circulación colateral.
- 2- Con circulación colateral.

Esta división en dos grupos es importante porque determinará el tipo de bypass y los vasos que se van a elegir como donante, injerto y receptor.





## 5. PLANIFICACION DEL BY-PASS.

En la planificación del bypass se debe conocer de antemano las necesidades del territorio que se va a revascularizar. Esto se puede determinar en la actualidad mediante el programa NOVA para resonancia magnética y con la medición de flujo intraoperatoria (TRANSONIC). Hemos desarrollado un protocolo para planificar el bypass sin necesidad de la medición previa de los flujos.

Se divide el territorio de la circulación anterior en cada hemisferio en tres áreas que corresponden a cada una de las tres grandes arterias de ese hemisferio:

- 1-Área de la arteria cerebral media (MCA).
- 2-Área de la arteria cerebral anterior (ACA).
- 3-Área de la arteria carótida interna (ICA).

La primera pregunta para planificar el bypass es cuantas de estas áreas se debe revascularizar.



Si el paciente no tolera el test de oclusión y no tiene circulación colateral evidente en la arteriografía, entonces se debe revascularizar las tres áreas de MCA, ACA e ICA y se debe dirigir nuestro bypass al territorio M2 de la ACM. Si existe circulación colateral se debe revascularizar el área de la MCA y ayudar al aporte sanguíneo de los otros dos territorios que están parcialmente irrigados por la circulación colateral. En este caso se puede dirigir el bypass al territorio M2, M3 o M4 indistintamente siempre que el vaso receptor tenga el calibre adecuado.

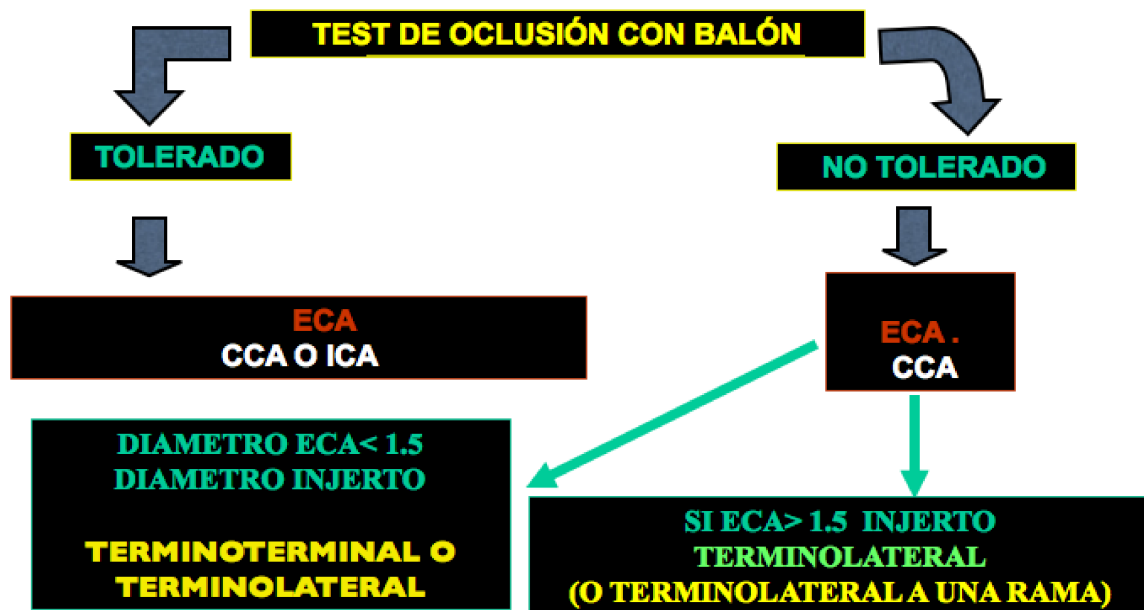
Para determinar el diámetro mínimo del vaso receptor se compara su diámetro con el de la carótida interna inmediatamente distal a la clinoides anterior. Si hay circulación colateral, el cociente de los dos diámetros debe ser mayor de  $1/2$ . En los casos con circulación colateral debe ser mayor de  $1/3$ . En ningún caso, el vaso receptor debe ser inferior a  $1/3$  del diámetro de la carótida supraclinoidea.



La selección del injerto depende también del número de áreas a revascularizar. Es importante saber que el injerto debe ser siempre mayor al vaso receptor del mismo. Si hay circulación colateral, se puede usar la STA o, si esta no es adecuada, la arteria radial. En los casos sin circulación colateral se debe aportar más flujo y usar arteria radial o vena safena.



En la selección del vaso cervical el punto clave es saber si el paciente tolera o no el test de oclusión. Si no lo tolera, se usa la carótida externa o la carótida común (porque existe flujo a través de la carótida externa). Si lo tolera, se podría usar la carótida externa, la común o, incluso, la interna. Si el cociente de los diámetros del vaso cervical y el injerto es mayor a 1.5, entonces se debe hacer una anastomosis término lateral. Si es menor de 1.5, se puede hacer término-terminal o término-lateral.



## 6. FLUJO EN EL BY-PASS. ALTO Y BAJO FLUJO.

Tradicionalmente se han considerado bypasses de bajo flujo los de STA a MCA y de alto flujo los de ECA- MCA con injerto arterial o venoso. Esto, que es cierto en la mayoría de las ocasiones, no es preciso ya que el flujo del bypass depende de varios factores y no sólo del tipo de bypass. Previamente hemos visto que la misma arteria puede dar flujos muy distintos en función de las necesidades y arterias más pequeñas dar flujos mayores que otras más grandes también en función de las necesidades.

Cuando cortamos el extremo distal del vaso donante o injerto, medimos el flujo del vaso (F1) sin la resistencia del flujo del vaso receptor (F2). Cuando realizamos la anastomosis el flujo a través del bypass (F3) es menor debido a la resistencia que opone el flujo del vaso receptor (F2).

El cociente de flujos entre el flujo del bypass (F3) y el del vaso donante libre

(F1) nos determina si el bypass va a funcionar o se va a ocluir. Debe ser mayor de 0.5 o terminará ocluyéndose.

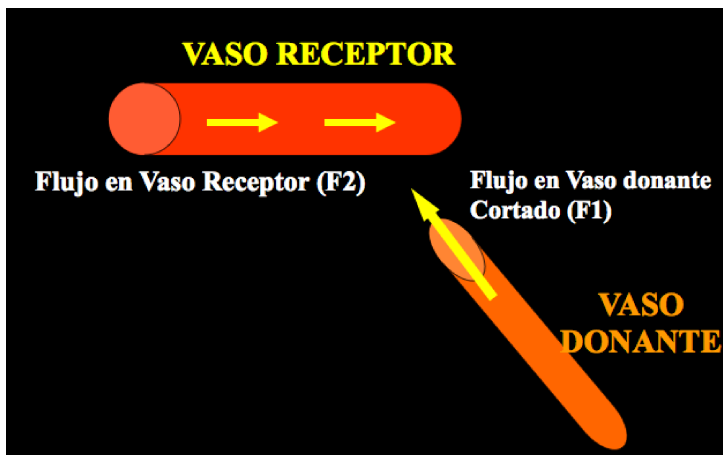


FIGURA 75. El flujo libre sin resistencia que medimos en el injerto se llama flujo cortado (cut flow) y lo representamos por F1. El flujo en el vaso receptor lo llamamos F2.



FIGURA 77. El flujo del bypass lo llamamos F3 y es menor que F1 por la resistencia que hace F2. El cociente entre F3 y F1 debe ser mayor a 0.5

# **DISCUSSION**

Desde la descripción de Hunter<sup>22</sup> la ligadura de la carótida cervical se usó para el tratamiento de aneurismas. Resulta sorprendente que aún en los años 60 se usaba para tratar el 27% de los pacientes con aneurismas<sup>30</sup>. El elevado número de pacientes que presentaban infartos post oclusión llevó al desarrollo de clamps ajustables con los que se realizaba una oclusión gradual. Así, en el estudio cooperativo de aneurismas intracraneales se usaba la oclusión gradual en el 45% de los procedimientos. El porcentaje de infartos cerebrales usando esta técnica aún era alto (59% tras oclusión aguda y 41% tras oclusión gradual). La mayoría de las complicaciones isquémicas se presentaban en las primeras 48 horas tras la oclusión y el 10% eran complicaciones tardías, que se presentaban más adelante en la evolución<sup>30</sup>. En los años siguientes, las mejoras en la técnica quirúrgica han limitado su uso. Ya en 1951, Fisher sugirió la posibilidad de realizar un bypass extra-intracraneal<sup>16</sup>, pero no fue hasta 1969 cuando Yasargil desarrolla y describe el bypass extra-intracraneal mediante la anastomosis de la arteria temporal superficial a una de las ramas de la arteria cerebral media<sup>58</sup>. En los años siguientes Sundt<sup>50</sup>, Hopkins<sup>21</sup>, Spetzler<sup>47</sup>, Ferguson<sup>15</sup> y otros desarrollaron varios métodos de anastomosis STA-MCA y ligadura carotídea en el tratamiento de aneurismas. Estos primeros procedimientos no aportaban flujos suficientemente altos necesarios en las oclusiones carotídeas bruscas. Por este motivo, más adelante se desarrollaron técnicas de bypass de alto flujo entre la carótida cervical (común, externa o interna) y arterias intracraneales con injerto venoso de safena<sup>49</sup>. Años después se comenzó a utilizar el injerto de arteria radial<sup>41,45</sup>. Posteriormente ha habido varios intentos de mejoras técnicas que trataban de disminuir la longitud del injerto venoso y que han

ido abandonándose paulatinamente por su mayor dificultad<sup>44,46</sup>.

## ***1. INDICACIONES DE REVASCULARIZACION EN LA CIRUGÍA DE LOS ANEURISMAS CEREBRALES***

### ***1.1-ANEURISMAS CAVERNOSOS.***

Sólo unos pocos casos de aneurismas de seno cavernoso pueden ser tratados mediante abordaje directo<sup>11,12</sup>. En el resto de los casos es necesaria la oclusión de la carótida interna para su tratamiento. Sin embargo, algunos pacientes no tolerarán la oclusión carotidea y en ellos será necesario realizar un bypass.

Existen varias opciones para el tratamiento de los aneurismas de seno cavernoso:

- 1-Oclusión de la carótida interna con coils o ligadura.
- 2- Relleno del aneurisma con coils.
- 3-Ataque directo y reconstrucción vascular
- 4-By-pass extra-intracraneal seguido de oclusión carotidea.
- 5-Observación clínica en los aneurismas pequeños, en los grandes asintomáticos y en las personas de edad avanzada.

### ***1.2 ANEURISMAS INTRACRANEALES.***

***1.2.1 ANEURISMAS GIGANTES.*** Los aneurismas gigantes son aquellos que tienen más de 2'5 cm. de diámetro. En ellos es mucho más difícil realizar un clipaje directo, y así en la serie de Drake de 723 aneurismas gigantes, sólo pudo realizar el clipaje directo en el 47% de los de circulación anterior y en el



31% de los de circulación posterior<sup>13</sup>. El grupo de Spetzler, en una serie de aneurismas gigantes, consigue hacer clipaje directo en el 62% de los casos de aneurismas gigantes mientras que en el 38% no fue posible, siendo tratados con atrapamiento o ligadura del vaso aferente con o sin revascularización cerebral<sup>26</sup>.

**1.2.2. ANEURISMAS FUSIFORMES.** En estos casos no es posible realizar un clipaje directo. El tratamiento paliativo consiste en distintas modalidades de recubrimiento del aneurisma, en un intento de reforzar la pared del mismo. El tratamiento definitivo se consigue solamente con la exclusión del segmento del vaso que da origen al aneurisma y revascularización con un bypass del territorio distal. A veces nacen perforantes del interior del aneurisma, por lo que sólo se realizaría la oclusión proximal del vaso aferente y un bypass distalmente que, en este caso, no sólo irrigaría el territorio distal, sino también a las perforantes antes mencionadas.

**1.2.3. ANEURISMAS RECURRENTES CON CIRUGIAS PREVIAS EN LOS QUE EXISTE FIBROSIS ARACNOIDEA.** En estos casos muchos autores desaconsejan una nueva intervención quirúrgica por el mayor riesgo que conlleva la disección de una aracnoides fibrosada<sup>26</sup>. El tratamiento de elección es el endovascular, pero en estos casos, ya operados suele ser más difícil lograr la embolización completa, por lo que en determinados casos está indicada la realización de un procedimiento de revascularización antes del intento de embolización.

**1.2.4. CUALQUIER ANEURISMA CON ARTERIAS PERFORANTES SALIENDO DEL SACO.** Está contraindicado, en estos casos, el clipaje o embolización completa ya que supondría una oclusión de los vasos perforantes. Se realizaría una oclusión del vaso aferente proximal al aneurisma y un bypass distal que revascularizaría el territorio distal y los vasos perforantes.

**1.2.5. ANEURISMAS CON TROMBOSIS O CALCIFICACION DENTRO DEL SACO.** En algunos de estos casos, que suelen ser aneurismas gigantes, no se puede realizar clipaje directo porque las palas del clip no consiguen cerrar la luz. Si tampoco se puede conseguir una embolización completa, que es mucho más difícil, es preciso realizar la oclusión del vaso aferente y un bypass para revascularizar el territorio distal.

## **2. ¿QUÉ PACIENTES NECESITAN REVASCULARIZACIÓN CON BYPASS?**

En territorios arteriales sin circulación colateral, por ejemplo el de la arteria cerebral media, deberá realizarse siempre un bypass para revascularizar el territorio que se va a ocluir.

En territorios vasculares con circulación colateral, por ejemplo la carótida interna, sólo es necesario realizar revascularización cuando las colaterales no sean suficientes para suplir la demanda de flujo. Por tanto, el objetivo será conocer este punto de antemano.

A lo largo de los años se han hecho muchos esfuerzos para conocer el riesgo

de los pacientes que van a ser sometidos a una oclusión vascular. Ya en 1911, Matas<sup>27</sup> sugiere probar la reserva vascular distal antes de ocluir vasos proximales. En 1977, Miller y cols.<sup>29</sup> publican unos criterios basados en parámetros de flujo sanguíneo cerebral y presiones en el muñón carotideo. Aún con estos criterios, observan un 21% de ataques isquémicos transitorios y un 5% de infartos tras la oclusión carotidea. Según estos criterios, un 20% de los pacientes no son candidatos para la oclusión carotidea. Sundt y Piepgras<sup>49,51</sup> desarrollan una técnica usando xenon-133 y registro electroencefalográfico. Sehkar y cols.<sup>42</sup> establecieron una clasificación en tres grupos y recomendaron revascularización en pacientes de riesgo moderado y severo. Peterman y cols.<sup>33</sup> desarrollan un test de oclusión endovascular con balón, usando tomografía computarizada con emisión de protón único. Viluega y cols.<sup>54</sup> usan una clasificación basada en el relleno del sistema carotideo contralateral y el registro electroencefalográfico durante la oclusión. Dividen los pacientes en riesgo alto, moderado y bajo. En aquellos con riesgo moderado y bajo realizan bypass seguido de oclusión aguda de la carótida, y en los pacientes de riesgo severo realizan una oclusión carotidea progresiva tras realizar el bypass. Van Rooij y cols.<sup>53</sup> describen un algoritmo basado en la valoración clínica y angiográfica durante el test de oclusión con balón. Aquellos pacientes con buena circulación colateral presentaban buena tolerancia clínica y un relleno venoso sincrónico entre el territorio vascular ocluido y el territorio colateral. El 32% de los casos no cumplían los criterios y requerían revascularización. De aquellos que toleraron el test de oclusión, ninguno presentó complicaciones isquémicas. Esta prueba basada en la clínica y en el relleno venoso angiográfico es la que nos parece más segura y la que nosotros hemos utilizado.

Otros autores realizan revascularización cerebral en todos los casos en los que se anticipe una posible oclusión vascular<sup>26,42,54</sup>. Esta actitud se basa en los siguientes factores:

- 1- El riesgo intrínseco del test de oclusión con balón. Este se asocia con un pequeño riesgo de complicaciones isquémicas. Tarr y cols.<sup>52</sup> comunican en una serie de 300 pruebas un 3'7% de complicaciones y un 0'7% de déficits permanentes. Origitano y cols.<sup>32</sup> en una serie de 100 pruebas encuentran un 7% de morbilidad neurológica transitoria.
- 2- Riesgo de complicaciones isquémicas tardías. El test de oclusión sólo indica que el paciente tolera la oclusión en fase aguda, pero no puede predecir la aparición de complicaciones tardías. Origitano y cols.<sup>32</sup> encuentran complicaciones en el 22% de los pacientes a pesar de haber tolerado el test de oclusión con balón intraluminal. Roski y cols.<sup>37</sup> encuentran riesgo de infarto anual de un 1'4% tras la oclusión carotidea. Larson y cols.<sup>25</sup> en 58 pacientes tratados con oclusión carotidea, tras realizar test de oclusión con balón, encuentran 4 pacientes (6'8%) que sufren infarto tras la oclusión, siendo dos de ellos infartos tardíos en pacientes que habían tolerado el test de oclusión con balón .
- 3- Aparición de otros aneurismas debido a la asimetría de flujo. En varios trabajos en ratas y monos, la asimetría de flujo favorece el desarrollo de aneurismas en el complejo de la arteria comunicante anterior<sup>2,18,20,23</sup>.

Varios trabajos reportan de la aparición de aneurismas varios años después de realizar una ligadura carotídea. Vlahovitch y cols.<sup>55</sup> hablan de desarrollo de aneurismas después de ligaduras carotídeas en 20 casos. Fujiwara y cols.<sup>17</sup>, en el seguimiento a 10 años de 27 casos de ligaduras de arteria carótida interna por aneurismas carotídeos, describen la ruptura de un nuevo aneurisma de arteria comunicante anterior en dos casos, a los 8 y 9 años de realizar el atrapamiento y ligadura de la carótida interna, respectivamente.

A la vista de todos estos datos, parece razonable realizar revascularización con bypass en todos los casos en los que se ocluye un vaso que irriga un territorio terminal sin circulación colateral, y en los casos de oclusiones carotídeas, se realizaría en todos los pacientes excepto en los de mayor edad o que presentaran contraindicaciones médicas a la cirugía. El objetivo que se persigue es eliminar el riesgo isquémico, tanto en el postoperatorio inmediato como a largo plazo.

### **3. PREPARACION TÉCNICA ESPECÍFICA PARA LOS PROCEDIMIENTOS DE REVASCULARIZACION**

Se trata de una técnica muy especializada dentro de la neurocirugía por lo que debe realizarla un equipo reducido de neurocirujanos tras un período de entrenamiento en el laboratorio con animales de experimentación. Es importante, también, un buen conocimiento anatómico que permita una interpretación precisa de los estudios angiográficos para la planificación. En estos procedimientos es tan importante la planificación como el mismo acto quirúrgico.

Se usan suturas de microcirugía de 8/0 a 10/0 y pinzas especiales de titanio y de acero inoxidable para trabajar con vasos y suturas de pequeño tamaño. Es un material barato y fácil de conseguir por cualquier servicio de neurocirugía.

#### **4. ANESTESIA Y NEUROMONITORIZACION**

Se pueden utilizar registros con potenciales evocados somato sensoriales, potenciales de tronco y electroencefalograma si se dispone de ellos<sup>9,26,38,42</sup>. Se canaliza una vía arterial para el control de la presión arterial durante la cirugía. Los barbitúricos se usan en los casos en que se ocluye un tronco principal de algún vaso. Se usan hasta el nivel de supresión y se retiran al recuperar el flujo<sup>9,51</sup>. No es preciso usarlos cuando se ocluye una rama periférica de un vaso, por ejemplo, en los segmentos M3 y M4 de la arteria cerebral media. Los distintos autores difieren en cuanto al uso de la heparinización sistémica. Day la usa en los casos de injertos venosos y la revierte con protamina al final del procedimiento<sup>9</sup>. Sehkar usa 1000-2000 unidades de heparina antes de la oclusión vascular en el bypass y sólo la revierte parcialmente si hay mucho sangrado epidural antes del cierre<sup>42</sup>. Viluega usa 5000 unidades de heparina, previo al clampaje y no revierte con protamina excepto en los casos de sangrado epidural abundante<sup>54</sup>. Nosotros no empleamos anticoagulación intraoperatoria cuando usamos injertos arteriales. El uso de metilprednisolona puede contribuir a proteger el endotelio venoso<sup>42</sup>. Durante el período postoperatorio se mantiene a los pacientes normovolémicos. Tras revertir la heparina, se antiagrega a todos los pacientes en el período postoperatorio, durante toda la vida en los venosos y durante unos meses en los arteriales. La mejor forma de comprobar la permeabilidad de los bypasses es mediante palpación<sup>9</sup>, aunque también pueden usarse doppler y arteriografía operatoria si se

dispone de ellos.

## **5. MODALIDADES DE BYPASS**

Tres son las modalidades de bypass que usamos habitualmente para la revascularización en la cirugía de aneurismas de la circulación anterior:

1. Bypass de arteria temporal superficial a arteria cerebral media (STA-MCA)
2. Bypass de arteria carótida externa cervical a arteria cerebral media, usando injerto de arteria radial.
3. Bypass de arteria carótida externa cervical a cerebral media, usando injerto de vena safena.

Cada una de esas tres modalidades tiene sus ventajas e inconvenientes con respecto a las otras. Nosotros preferimos los bypasses arteriales y sólo realizamos los venosos cuando resulta imposible hacer los primeros.

### **5.1. Bypass de arteria temporal superficial a cerebral media**

Aporta un flujo relativamente más bajo que las otras dos modalidades, pero tiene la ventaja de ser el más fisiológico al anastomosar un vaso pediculado y no un injerto libre. Es necesario que la arteria temporal superficial tenga un diámetro de más de dos milímetros para tener garantías de permeabilidad. En general, elegimos la más grande de las ramas de la arteria temporal superficial. Puede anastomosarse a cualquier rama de la cerebral media, que sea mayor de 1'5 mm.<sup>9</sup>, aunque nosotros siempre lo hemos hecho en mayores de 2 mm. El punto que elegimos más frecuentemente para la anastomosis es el segmento M3 (opercular) o M4 (cortical) de la ACM, por ser accesibles y de un diámetro similar al vaso aferente, aunque



algunos autores prefieren realizar la anastomosis al segmento M2, distalmente a la bifurcación de la ACM<sup>9,42</sup>. Puede usarse este tipo de bypass en todos los casos de revascularización de un territorio arterial distal y en los casos de oclusiones carotideas que toleran el test de oclusión con balón, por no necesitar flujos altos de forma inmediata. En los pacientes que no toleran el test de oclusión preferimos usar las modalidades de alto flujo para suplir todo el territorio de forma inmediata.

### ***5.2. Bypass de alto flujo con injerto de arteria radial***

Ha sido el más utilizado por nosotros porque es el de elección en todos los casos de alto flujo (siempre que pueda realizarse) y, además, lo usamos en aquellos casos que precisan menos flujo pero con arteria temporal superficial incompetente.

Es un vaso fisiológicamente diseñado para llevar sangre arterial y que, a diferencia de las venas, presenta una íntima uniforme y no tiene válvulas. Se ha usado por los cirujanos cardíacos durante mucho tiempo<sup>4,5,7</sup>. Carpentier introdujo la técnica en 1973<sup>4</sup>. En los primeros años cayó en desuso porque se comunicaron casos de espasmo arterial<sup>7</sup>. Además, la hiperplasia intimal era otra causa frecuente de fallo<sup>6</sup>. El uso de los bloqueadores de los canales del calcio puede contrarrestar este problema<sup>19</sup> y esto ha renovado el interés por estos injertos de arteria radial para los cirujanos cardíacos<sup>7,10</sup>.

Presenta varias ventajas sobre los injertos de vena safena:

- 1- Su extracción es más fácil, con menos incidencia de complicaciones locales.
- 2- Se produce un mayor porcentaje de oclusiones con las safenas, especialmente en el período de aprendizaje<sup>41</sup>. Los injertos venosos están

permeables en un 60% a los 11 años<sup>3</sup>, mientras que los injertos de arteria radial presentan una patencia del 95% a los 5 años<sup>41</sup>.

- 3- Son más polivalentes que los de vena safena, pues pueden anastomosarse a vasos menores, incluyendo los segmentos M3 y M4 de la arteria cerebral media, por lo que pueden utilizarse en prácticamente todo tipo de bypasses<sup>41</sup>.
- 4- Puede usarse en casos de revascularización temporal con más eficacia que los de vena safena, pues la oclusión y liberación repetida puede ocluir injertos venosos, excepto si el paciente está completamente heparinizado<sup>41</sup>.
- 5- Las necesidades de anticoagulación durante la cirugía y de antiagregación posterior son menores. De hecho, nosotros no anticoagulamos a nuestros pacientes durante la realización del bypass, mientras que si lo hacemos cuando realizamos bypasses venosos. Por otro lado, no es necesaria una antiagregación de por vida como en el caso de los injertos venosos.
- 6- El diámetro de la arteria radial es más parecido al de las arterias receptoras, ya que la vena safena es mucho más gruesa. Este desequilibrio de diámetros es un factor crucial para el fallo de un by-pass<sup>36</sup>. El fenómeno de acodamiento del extremo distal de los injertos de safena, que se soluciona con un punto de sujeción dural, es menos frecuente en los injertos de arteria radial, por la menor diferencia de diámetros<sup>42</sup>.
- 7- La arteria es más fácil de tunelizar, siendo menos frecuentes los fenómenos de torsión del injerto que provocan fallos del bypass.

El problema del espasmo arterial queda resuelto utilizando la técnica de

distensión por presión descrita por Sekhar y cols<sup>41</sup>. En nuestra serie no ha habido ningún caso de espasmo arterial que provocase malfunción del bypass.

### ***5.3. Bypass de alto flujo con injerto de vena safena***

Creemos que debe ser siempre la segunda opción en los bypasses de alto flujo. No debe utilizarse cuando el vaso receptor sea de pequeño diámetro (territorios distales). La vena se extrae de la pierna o del muslo. Debe tener un diámetro de 5 a 8 mm., pues si son menores se producen muchas oclusiones<sup>48,49,51</sup>. Igualmente si son mayores de 1 centímetro también se pueden producir. Es muy importante que la vena se oriente proximalmente en el sentido del flujo para que las válvulas no dificulten la circulación. Debe marcarse con un rotulador la parte anterior para que no se produzcan rotaciones y deben asegurarse, si hace falta con una sutura, los extremos proximal y distal para que no se produzcan acodamientos que harían fallar el bypass.

# **CONCLUSIONES**

1. El bypass extra-intracraneal es una técnica segura y eficaz en el tratamiento de los aneurismas intracraneales complejos. En algunos de ellos es la única opción terapéutica.
2. Los aneurismas fusiformes se pueden dividir en dos grupos en función de la ausencia (tipo I) o presencia (tipo II) de ramas perforantes en su interior. En los dos casos resulta necesario el uso de bypass extra-intracraneal distal. En el tipo I se puede realizar atrapamiento del aneurisma tras el bypass mientras que en el tipo II es necesario dejar abierto el extremo proximal o distal del mismo.
3. La operación de bypass de alto flujo la dividimos en siete pasos. Resulta beneficioso la colaboración con Cirugía Vascular.
4. En la planificación preoperatoria del bypass el factor determinante es la relación entre los diámetros del vaso receptor y de la carótida interna supraclinoidea.
5. La forma más precisa de monitorizar intraoperatoriamente el bypass es mediante la medición directa de flujo a través del mismo y en las arterias donante y receptora.
6. En los casos de oclusión intraoperatoria la revisión cuidadosa del bypass basándonos en las mediciones de flujo y en la arteriografía permiten recanalizar el bypass en la mayoría de los casos.

# **BIBLIOGRAFÍA**

- 1- Allen EV: Tromboangitis obliterans: methods of diagnosis of chronic occlusive arterial lesions distal to the wrist with illustrative cases. *Am J Med Sci.* 1929; 178:237-243.
- 2- Alvarez F, Roda JM: Experimental model for induction of cerebral aneurysms in rats. *J Neurosurg.* 1986; 65:398-403.
- 3- Amin – Hanjani S, Butler WE, Ogilvy CS, Carter BS, Barker FG II. Extracranial-intracranial bypass in the treatment of occlusive cerebrovascular disease and intracranial aneurysms in the United States between 1992 and 2001: a population-based study. *J Neurosurg* 2005;103(5):794-804.
- 4- Ausman JI, Chou SN, Lee MK, Klassen A. Occipital to cerebellar anastomosis for brain stem infarction from vertebral basilar occlusive disease. *Stroke* 1976;7:13.
- 5- Ausmann JI, Diaz FG, Vacca DF, Sadasivan B. Superficial temporal and occipital artery bypass pedicles to superior, anterior and posterior inferior cerebellar arteries for vertebrobasilar insufficiency. *J Neurosurg* 1990;72(4):554-558.
- 6- Beck CS, McKhann CF, Belnap WD. Revascularization of the brain through establishment of a cervical arteriovenous fistula; effects in children with mental retardation and convulsive disorders. *J Pediatr* 1949;35(3):317-329.
- 7- Bourassa MG, Fisher LD, Campeau L, Gillespie MJ, McConney M, Lesperance J: Long-term fate of by-pass grafts: The Coronary Artery

- Surgery Study (CASS) and Montreal Heart Institute experiences. *Circulation* 72(suppl V). 1985;71-78.
- 8- Carpentier A, Guermontprez JL, Deloche A, Freechette C, DuBost C: The aorta-to-coronary radial artery by-pass graft: a technique avoiding pathological changes in grafts. *Ann Thorac Surg.* 1973; 16:111-121.
  - 9- Carpentier A: Selection of coronary by-pass: anatomic physiological and angiographic considerations of vein and mammary artery grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1975; 70:429-430.
  - 10-Carrel A. Nobel Prize in Phisiology or medicine 1912. Amsterdam:Elsevier; 1967.
  - 11- Chater Neurosurgical extra-intracranial bypass for stroke with 400 cases. *Neurol Res* 1983;5(2):1-9.
  - 12-Chou SN. Embolectomy of the middle cerebral artery. *J Neurosurg* 1963;20:161-163.
  - 13- Curtis JJ, Stoney WS, Alford WC jr, Burrus GR, Thomas CS jr: Intimal hyperplasia: a cause of radial artery aortocoronary by-pass graft failure. *Ann Thorac Surg.*1975; 20:628-634.
  - 14- Da Costa FD, Da Costa IA, Poffo R, Abuchaim D, Gaspar R, García L, Faraco DL: Myocardial revascularization with the radial artery: A clinical and angiographic study. *Ann Thorac Surg.* 1996; 62:475-480.
  - 15- David CA, Zabramski JM, Spetzler RF: Reversed-flow saphenous vein grafts for cerebral revascularization: technical note. *J Neurosurg.* 1997; 97:795-797.
  - 16- Day LA, Chandler HN: Cerebral revascularization. p. 908. In Apuzzo MLJ



- (ed): Brain Surgery. Churchill Livingstone Inc. 1993.
- 17- Dietl CA, Benoit CH: Radial artery graft for coronary revascularization: technical considerations. *Ann Thorac Surg.* 1995; 60:102-110.
  - 18- Dolenc V: Direct microsurgical repair of intracavernous vascular lesions. *J Neurosurg.* 1983; 58:824.
  - 19- Dolenc VV: A combined epi and subdural direct approach to carotid-ophthalmic artery aneurysm. *J Neurosurg.* 1985;62:667-672.
  - 20- Donaghy RM. The history in microsurgery in neurosurgery. *Clin neurosurg* 1979;26:619-625.
  - 21- Drake CG, Peerless SJ, Ferguson GG : Hunterian proximal arterial occlusion for giant aneurysms of the carotid circulation. *J Neurosurg.* 1994; 81:656.
  - 22- Drake CG, Peerless SJ, Hernesniemi JA: Surgery of vertebral aneurysms. London, Ontario Experience on 1767 Patients. Berlin, Springer Verlag, 1996.
  - 23- Eascott HHG, Pickering GW, Rob CG. Reconstruction of internal carotid artery in a patient with intermitent attacks of hemiplegia. *Lancet* 1954;267(6846):994-996.
  - 24- Ferguson GG, Drake CG, Peerless SJ: Extracranial-intracranial arterial bypass in the treatment of “giant” aneurysms. *Stroke.* 1977; 8:11.
  - 25- Fisher CM: Occlusion of the internal carotid artery. *Arch Neurol Psychiatry.* 1951; 65:340.
  - 26- Fujiwara S et al: De novo aneurysm formation and aneurysm growth following therapeutic carotid occlusion for intracranial internal carotid artery aneurysms. *Acta Neurochir-Wien.*1993; 12(1-2):20-5.

- 27- German WJ, Taffel W. Surgical production of colateral intracranial colateral circulation:an experimental study. *YaleJ Biol Med* 1941;13(4):451-460.
- 28- González-Llanos F, Pascual JM, Roda JM: Bases anatómicas y hemodinámicas del complejo de la arteria comunicante anterior. *Neurocirugía*. 2002; 4:285-298.
- 29- Gratzl O, Schmiedek P, Spetzler R, et al. Selection of patients for extra-intracranial arterial anastomosis in 65 cases. *J Neurosurg*. 1976;44(3):313-324.
- 30- Grubb RL Jr, Derdeyn CP, Fritsch SM, et al. Importande of hemodynamic factors in the prognosis of symptomatic carotid occlusion. *JAMA* 1998;280(12):1055-1060.
- 31- Guyotat J, Pelissou-Guyotat I, Lievre M, Chignier E: Inhibition of subintimal hyperplasia of autologous vein by-pass grafts by nimodipine in rats: A placebo-controlled study. *Neurosurgery*. 1991; 29:850-855.
- 32-Hashimoto N, Handa H, Nagata I, Hazama F: Experimentaly induced cerebral aneurysms in rats. Relation of hemodynamics in the circle of Willis to formation of aneurysms. *Surg Neurol*. 1980; 13:41-45.
- 33-Hayden MG, Lee M, Guzman R. The evolution of cerebral revascularization surgery. *Neurosurg focus*. 2009;26(5):E17.
- 34-Hopkins LM, Grand W: Extracranial-intracranial arterial by-pass in the treatment of aneurysms of the carotid and middle cerebral arteries. *Neurosurgery*. 1979;5:21-29.
- 35-Hunter J: *The Works of James F. Palmer*. London, Longmans, Reese, Orme, Brown, Green, and Longmans, 1837.

- 36-Kim C et al: Angiographic study of induced cerebral aneurysms in primates. Neurosurgery. 1990; 27: 715-720.
- 37-Klemme WM: Hemorrhage from a previously undemonstrated intracranial aneurysm as a late complication of carotid artery ligation. Case report. J Neurosurg. 1977; 46:654.
- 38- Kredel FE. Collateral cerebral circulation by muscle graft: technique of operation with report of three cases. Southern Surgeon 1942;10:235-244.
- 39-Jacobson JH II, Suarez EL. Microsurgery in anastomosis of small vessels. Surg forum 1960;11:243-245.
- 40- Larson JL, Tew JM jr, Tomsick TA et al: Treatment of aneurysms of the internal carotid artery by intravascular balloon occlusion: long-term follow-up of 58 patients. Neurosurgery. 1995; 36:23.
- 41-Lawton MT, Hamilton MG, Morcos JJ, Spetzler RF: Revascularization and aneurysm surgery: current techniques, indications and outcome. Neurosurgery. 1996; 38:83-92.
- 42-Matas R: Testing the efficiency of the collateral circulation as a preliminary to the occlusion of the great surgery arteries. Ann Surg. 1911; 53:1.
- 43-Miller CA, Hill SA, Hunt WE: "De novo" aneurysms. A clinical review. Surg Neurol. 1985; 24:173.
- 44- Miller JB, Jawad K, Jennett B: Safety of carotid ligation and its role in the management of intracranial aneurysms. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1977; 40:64.
- 45-Nishioka H: Report on the Cooperatives Study of intracranial aneurysms and subarachnoid hemorrhage. J Neurosurg. 1966; 25:660-682.

- 46- Nussbaum ES, Erickson DL. Extracranial-intracranial bypass for ischemic cerebrovascular disease refractory to maximal medical therapy. *Neurosurgery* 2000;46(1):37-42, discussion 42-43.
- 47-Oldershaw JB, Voris HC: Internal carotid artery ligation: a follow-up study. *Neurosurgery*. 1994; 35:351.
- 48- Origiano TC, Al-Mefti O, Leonetti JP, De Monte F, Reichman H: Vascular considerations and complications in cranial base surgery. *Neurosurgery*. 1994; 35:351-363.
- 49- Peerless SJ, Ferguson GG, Drake CG. Extracranial-intracranial bypass in the treatment of giant aneurysms. *Neurosurg Rev* 1982;5(3):77-81.
- 50- Peterman SB, Taylor A jr, Hoffman JC jr: Improved detection of cerebral hypoperfusion with internal carotid balloon test occlusion and 99mTc-HMPAO cerebral perfusion SPECT imaging. *Am J Neuroradiol*. 1991; 12:1035.
- 51- Plum E: Extracranial- Intracranial arterial by-pass and cerebral vascular disease. *N Engl J Med*. 1985; 313:1221-1223.
- 52-Pool DP, Potts DG. Aneurysms and Arterious Anomalies of the brain:Diagnosis and treatment. New York: Harper and Rou;1965.
- 53-Puca A, Spetzler RF, Zabramski JM: Hydrostatic dilatation of autologous vein grafts: technical note. *Neurosurgery*. 1990; 26(6):1071-1072.
- 54- Regli L, Piepgras DG, Hansen KK: Late patency of long saphenous vein by-pass grafts to the anterior and posterior cerebral circulation. *J Neurosurg*. 1995; 83: 806-811.
- 55- Roski RA, Spetzler RF, Nulsen FE: Late complications of carotid ligation in

- the treatment of intracranial aneurysms. *J Neurosurg.* 1981; 54: 583.
- 56- Schmiedek P, Gratzl O, Spetzler R, et al. Selection of patients of extracranial-intracranial bypass surgery based on rCBF measurements. *J Neurosurg.*1976;44(3):303-312.
  - 57- Sekhar LN, Bucur SD, Bank WO, Wright DC: Venous and arterial by-pass grafts for difficult tumors, aneurysms and occlusive vascular lesions: evolution of operative management and improved results. *Neurosurgery.* 1999; 44:1207-1224.
  - 58- Sekhar LN, Burgess J, Akin O: Anatomical study of the cavernous sinus emphasizing operative approaches and related vascular and neural reconstruction. *Neurosurgery;* 1987; 21:806-816.
  - 59- Sekhar LN, Chandler JP, Alyono D: Saphenous vein graft reconstruction of and unclippable giant basilar artery aneurysm under deep hypothermic circulatory arrest: Case report. *Neurosurgery.* 1998; 42:667-663.
  - 60- Sekhar LN, Duff JM, Kalavakonda C, Olding M: Cerebral revascularization using radial artery grafts for the treatment of complex intracranial aneurysms: techniques and outcomes for 17 patients. *Neurosurgery.* 2001; 49(3):646-656.
  - 61- Sekhar LN, Kalavakonda C: Cerebral revascularization for aneurysms and tumors. *Neurosurgery.* 2002; 50(2):321-331.
  - 62- Sekhar LN, Patel SJ: Permanent occlusion of the internal carotid artery during skull base and vascular surgery: Is it really safed?. *Am J Otol.* 1993; 14:421-422.
  - 63- Sekhar LN, Sen CN, Jho HD: Saphenous vein graft by-pass of the cavernous

- internal carotid artery. *J Neurosurg.* 1990; 72:35-41.
- 64- Sekhar LN, Wright DC, Olding M: Brain revascularization by saphenous vein and radial artery by-pass grafting, in Sekhar LN, de Oliveira E (eds): *Cranial Microsurgery: approaches and techniques.* New York, Thieme Medical Publishers, Inc. 1999; pp581-600.
  - 65- Spetzler RF, Fukushima T, Martin N, Zabranski JM : Petrous carotid-to-intradural carotid saphenous vein graft for intracavernous giant aneurysms, tumor, and occlusive cerebrovascular disease. *J Neurosurg.* 1990; 73:496-50.
  - 66- Spetzler RF, Schuster H, Roski RA: Elective extracranial-intracranial arterial by-pass in the treatment of inoperable giant aneurysms of the internal carotid artery. *J Neurosurg.* 1980; 53:22-27.
  - 67- Spetzler R, Chater N. Occipital artery-middle cerebral artery anastomosis for cerebral artery occlusive disease. *Surg Neurol* 1974;2(4):235-238.
  - 68- Story JL, Brown WE, Eidelberg E, Arom KV, Stewart JR. Cerebral revascularization:proximal external carotid to distal middle cerebral artery bypass with a sintetic tuve graft. *Neurosurgery.* 1978;3(1):61-65.
  - 69- Sundt TM Jr, Whisnant JP, Fode NC, Piepgras DG, Houser OW. Results, complications, and follow-up of 415 bypass operations for occlusive disease of the carotid system.*Mayo Clin Proc.* 1985;60(4):230-240.
  - 70- Sundt TM jr, Fode NC, Jack CR: The past, present and future of extracranial to intracranial by-pass surgery. *Clin Neurosurg.* 1988; 34:134-153.
  - 71- Sundt TM jr, Piepgras DG, Houser OW, Campbell JK: Interposition saphenous vein grafts for advanced occlusive disease and large aneurysms

- in the posterior circulation. J Neurosurg. 1982; 56:205-212.
- 72- Sundt TM jr, Siekert RG, Piepgras DG et al: By-pass surgery for vascular disease of the carotid system. Mayo Clin Proc. 1976; 51:677.
  - 73- Sundt TM Jr, Whisnant JP, Piepgrass DG, Campbell JK, Holman CB. Intracranial bypass grafts for vertebral-basilar ischemia. Mayo Clin Proc. 1978;53(1):12-18.
  - 74- Sundt TM jr: Saphenous vein by-pass for aneurysms of the intracavernous portion of the internal carotid artery. In: Wilson C.B. Neurosurgical procedures. Personal approaches to classic operations. Ch. IX. 1992;96-118.
  - 75- Tarr RW, Jungreis CA, Pentheny S, Sekhar LN, Sen C, Janecka IP, Yonas H: Complications of preoperative balloon test occlusion of the internal carotid arteries: Experience in 300 cases. Skull Base Surg. 1991; 1:240-244.
  - 76- Tew JM Jr. Reconstructive intracranial vascular surgery for prevention of stroke. Clin Neurosurg. 1975;22:264-280.
  - 77- The EC/IC Bypass study group. Failure of extracranial-intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke: results of an international randomized trial. N Engl J Med. 1985;313(19):1191-1200.
  - 78- Van Rooij WJJ, Sluzewski M, Metz NH et al: Carotid balloon occlusion for large and giant aneurysms: Evaluation of a new test occlusion protocol. Neurosurgery. 2000; 47:116.
  - 79- Viluega AJ, Herrera R, Crisci S: Tratamiento de los aneurismas gigantes y fistulas carótido-cavernosas con cirugía indirecta y puente extra-intracraneano de alto flujo. 15 años de experiencia. Neurocirugía XXI vol

III. 1997; (1):24-38.

- 80- Vlahovitch B et al: The effect of carotid ligation on cerebral aneurysmal size and on aneurysmal production in man. In: Modern Neurosurgery 1. Ed. by M.Brock. Springer Verlag. Heidelberg. 1982; 405-416.
- 81- Winn HR, Richardson AE, Jane JA: Late morbidity and mortality of common carotid ligation for posterior communicating aneurysms. A comparison to conservative treatment. J Neurosurg. 1977;47:727.
- 82- Worringer E, Kunlin J, Worringer E. Anastomose entre le carotide primitive et la carotide intra-craniene ou la sylvienne par griffon selon la technique de la suture suspendue. Neurochirurgie. 1963;200:181-188.
- 83- Yasargil MG, Yonekawa Y. Results of microsurgical extra-intracranial arterial bypass in the treatment of cerebral ischemia. Neurosurgery 1977;1(1):22-24.
- 84- Yasargil MG. Diagnosis and indications for operations in cerebrovascular occlusive disease. In Yasargil MG. Ed, Microsurgery applied to neurosurgery. Stuttgart:Georg Thieme Verlag. 1969;95-118.
- 85- Yasargil MG et al: Carotid-ophtalmic aneurysm: direct microsurgical approach. Surg Neurol. 1977; 8: 155-165.
- 86- Yasargil MG: Microneurosurgery Applied to Neurosurgery. Stuttgart, Georg Thieme, 1969.